AERODINAMICA

GENERALITA' SUL MOTO DEI FLUIDI

L'aerodinamica è la scienza che studia il moto dei fluidi gassosi (in particolare dell'aria) e le azioni reciproche tra fluidi gassosi e corpi solidi in moto relativo rispetto ai fluidi stessi.

Chiamasi *moto relativo* lo spostamento che subiscono due o più corpi l'uno rispetto all'altro, oppure l'uno rispetto agli altri; non solo, ma anche lo spostamento che subiscono corpi solidi rispetto a masse fluide o viceversa.

Si chiama *velocità relativa* lo spostamento relativo nell'unità di tempo.

Nello studio delle forze che nascono dal moto relativo tra i corpi solidi e l'aria, è indifferente considerare ferma l'aria ed in movimento il corpo rispetto ad essa, o viceversa. Il primo caso è quello di un aeroplano che vola nell'aria in assenza di vento, il secondo è quello di un aereo sperimentale (modello) nelle gallerie del vento. Il moto relativo sussiste anche quando il velivolo vola in presenza di vento.

Prima di passare allo studio dei fenomeni che rientrano nel campo dell'aerodinamica (fenomeni aerodinamici), è opportuno premettere alcune definizioni che facilitino le analisi e la comprensione dei fenomeni in parola.

Se consideriamo una massa fluida in movimento e prendiamo in esame una particella di essa, detta particella si sposterà seguendo la massa cui appartiene e, osservata in diversi momenti, occuperà punti diversi dello spazio. La traiettoria descritta da tale particella prende il nome di *linea di flusso* o *linea di corrente*. L'unione di tutte le particelle fluide che si trovano lungo la stessa linea di corrente e che, in certo qual modo la materializzano, prende il nome di *filetto fluido*. Graficamente esso viene rappresentato da una linea, pertanto, una massa fluida in movimento sarà rappresentata da tante linee parallele fra loro ed alla traiettoria seguita dalla massa stessa. L'insieme di tali linee costituisce la rappresentazione grafica vettoriale del *campo aerodinamico*. Esso cambia però aspetto in presenza di ostacoli, in quanto si verificano deviazioni dei filetti fluidi e variazioni nella loro velocità. (vedi fig. 1).

Fig. 1 campo aerodinamico

SOSTENTAZIONE STATICA E DINAMICA

Tutti i corpi hanno un peso proprio consistente nella forza di gravità applicata al loro baricentro e diretta verticalmente verso il centro della terra. Affinchè un corpo possa sollevarsi nell'aria è necessario creare una forza in senso contrario alla forza-peso e con un valore leggermente superiore al peso stesso. Tale forza prende il nome di *sostentazione.*

Si sostengono nell'atmosfera per sostentazione *statica* gli "aerostati", cioè i palloni ed i dirigibili, i quali, in base al principio di Archimede, ricevono dall'aria in cui sono immersi, una spinta diretta dal basso verso l'alto, di intensità uguale al peso del volume del fluido spostato.

Le "aerodine", cioè i velivoli con o senza propulsore e gli elicotteri, sfruttano invece la sostentazione *dinamica* derivante dal moto relativo tra aeromobile ed aria stessa.

E' condizione indispensabile affinchè si generi questo tipo di sostentazione, che il corpo in movimento nell'aria formi un certo angolo col suo asse di simmetria e la direzione della corrente d'aria da cui viene investito. Chiamasi *risultante aerodinamica* la forza equivalente alla somma vettoriale di tutte le innumerevoli forze che determinano la sostentazione in parola. Essa graficamente si rappresenta con un vettore normale alla superficie del corpo, e si scompone in altre due forze dette *componenti*: una perpendicolare alla direzione del moto, chiamata *portanza*, l'altra parallela alla direzione del moto stesso ma di senso contrario, chiamata *resistenza.* (vedi fig. 2)

Fig. 2

Quando il corpo è di forma simmetrica e giace nel letto della corrente d'aria relativa senza alcuna inclinazione rispetto ad essa, od è perpendicolare alla medesima, si genera solo resistenza che si oppone al moto (fig. 3).

Fig. 3

PROFILI D'ALA E LORO FORME

Nei velivoli l'organo sostentatore è l'ala; nell'elicottero è il rotore, che rappresenta un'ala rotante.

Le forme più convenienti per le ali sono quelle a profilo curvilineo. Per *profilo* si intende la figura geometrica che si ottiene sezionando un'ala con un piano perpendicolare alla sua lunghezza massima. Il profilo di un'ala può essere come raffigurato in fig. 4:

- concavo convesso
- piano convesso
- biconvesso simmetrico
- biconvesso asimmetrico

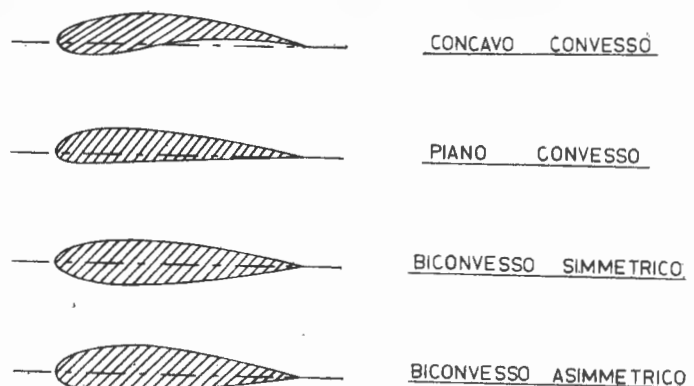



Fig. 4

La parte superiore del profilo è denominata *dorso* o *estradosso*, la parte inferiore è denominata *ventre* o *intradosso*. Tale denominazione, oltre che per i profili, vale anche per la parte superiore ed inferiore dell'ala completa.

Chiamasi *bordo d'attacco* la parte anteriore del profilo dell'ala; *bordo d'uscita* la parte posteriore. La *corda alare* è il segmento di retta che unisce il bordo d'attacco al bordo d'uscita.

Un altro elemento da considerare in un profilo alare è lo *spessore*, rappresentato dalla massima distanza fra il dorso ed il ventre. Abitualmente esso viene indicato in per cento della corda alare, ossia quale rapporto tra la suddetta distanza e la misura della corda alare moltiplicata per 100 (spessore relativo). In base allo spessore i profili si suddividono in:

- profili sottili
- profili semispessi
- profili spessi

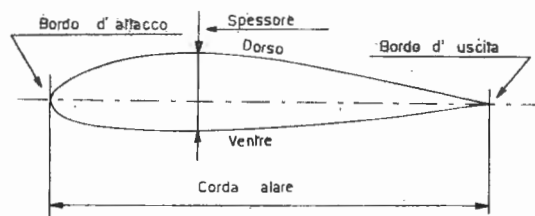



Fig. 5

FORME DELL'ALA IN PIANTA

L'ala vista in pianta può presentare le seguenti forme fondamentali:

- rettangolare
- trapezoidale
- bitrapezoidale
- ellittica
- a freccia
- a delta.

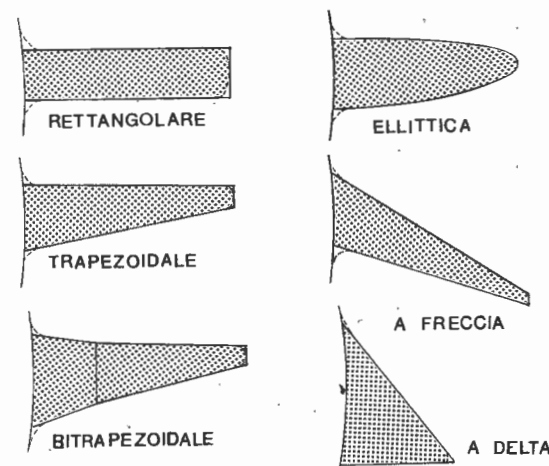



Fig. 6

Come appare evidente in figura 6, nell'ala la lunghezza della corda si mantiene costante solamente nell'ala rettangolare, mentre nelle altre essa diminuisce progressivamente dalla radice verso l'estremità alare, dando così corpo alle cosiddette ali *rastremate*, nelle quali la corda sarà ovviamente rappresentata dalla lunghezza della corda media.

FORMA DELL'ALA VISTA DI FRONTE

Vista di fronte l'ala può essere *diritta*, cioè con le due semiali una sul prolungamento dell'altra, oppure a *diedro*, se le due semiali formano una " V " verso l'alto o verso il basso. (vedi fig. 7)

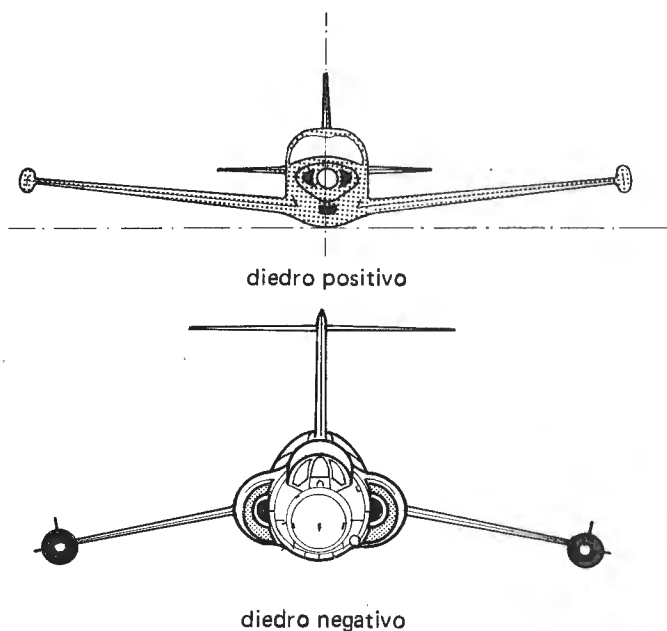



fig. 7

APERTURA ALARE

E' la dimensione maggiore dell'ala e rappresenta la distanza fra le due estremità alari.

PROFONDITA' ALARE

E' la dimensione misurata nel senso perpendicolare all'apertura alare (larghezza).

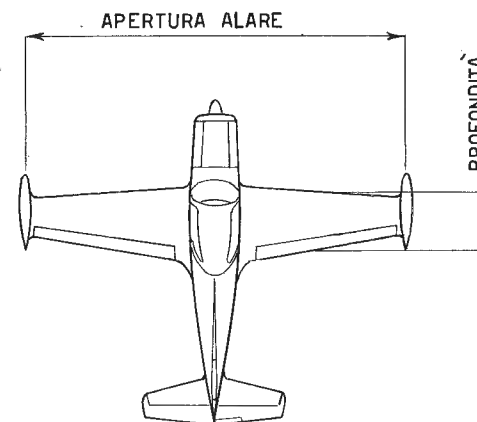



Fig. 8

ANGOLO DI INCIDENZA O DI ATTACCO

Per lo studio del comportamento di un'ala in movimento nell'aria, è necessario avere chiaro il concetto dell'angolo di *incidenza* o di *attacco.* Si chiama angolo di incidenza l'angolo compreso tra la direzione del vento relativo e la corda alare. In altre parole, l'incidenza non è altro che l'inclinazione che deve assumere l'ala rispetto alla direzione della corrente fluida da cui viene investita, per poter generare la sostentazione (fig. 9).

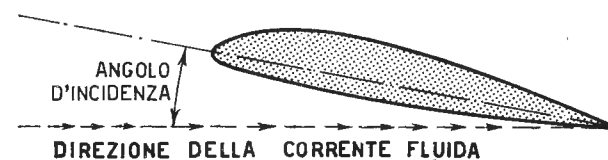



Fig. 9

ANGOLO DI CALETTAMENTO O INCIDENZA COSTRUTTIVA

L'angolo di *calettamento* è quello formato dalla corda alare della

sezione di incastro dell'ala alla fusoliera con l'asse longitudinale del velivolo, ovvero l'inclinazione con cui vengono montate le ali rispetto al predetto asse.

PRINCIPIO DI BERNULLI

Il principio di *Bernulli* dice che: in una corrente fluida ove la velocità aumenta la pressione diminuisce, e viceversa. Tale enunciazione può essere dimostrata sperimentalmente inviando entro un tubo *Venturi* (indicato schematicamente in figura 10) una corrente d'aria e misurando le velocità e pressioni che si vengono a creare nelle varie sezioni del tubo. Si riscontra che l'aria passando dalla zona A a quella B aumenta di velocità, mentre la pressione diminuisce. Procedendo da B verso C avviene il contrario, cioè la velocità diminuisce e la pressione aumenta.

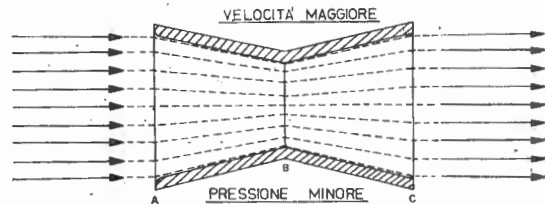



Fig. 10

PORTANZA ALARE

E' già stato detto che la *portanza* è una delle due componenti in cui si scinde la risultante aerodinamica; essa costituisce l'origine della sostentazione, in quanto opponendosi alla forza di gravità consente all'aeroplano di volare.

Tale componente, nell'ala (considerando naturalmente quest'ultima in movimento nell'aria è posizionata rispetto ad essa con una certa inclinazione) viene particolarmente esaltata mediante l'opportuna forma con cui le ali stesse vengono sagomate, al fine di sfruttare il già citato principio di Bernulli.

Infatti, si può osservare, come illustrato in figura 11, che i filetti fluidi della corrente in cui l'ala si muove, quando giungono in corrispondenza del bordo di attacco, sono costretti a divergere in parte verso l'alto

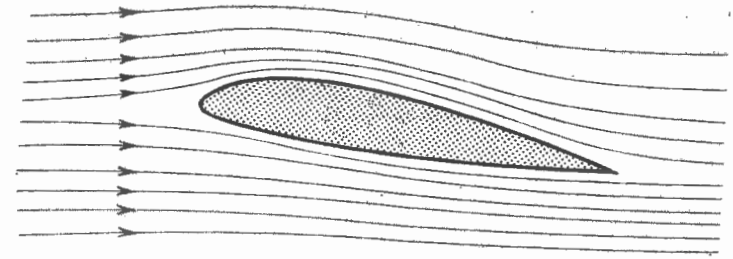



Fig. 11

e altri verso il basso. I primi venendosi a trovare in una zona "strozzata", compresa fra il dorso e le linee di flusso non perturbate, sono accelerati, determinando così una depressione. Quelli che passano sotto il ventre scorrono invece in una sezione più "allargata", per cui subiscono una riduzione di velocità con conseguente aumento di pressione. L'entità della depressione che si crea sul dorso dell'ala è notevolmente maggiore della sovrappressione che si genera sul ventre della medesima. La somma vettoriale delle forze dovute alla depressione ed alla sovrappressione fornisce il valore totale della portanza dell'ala, la quale risulta più aspirata dall'alto che spinta dal basso. (Fig. 12).

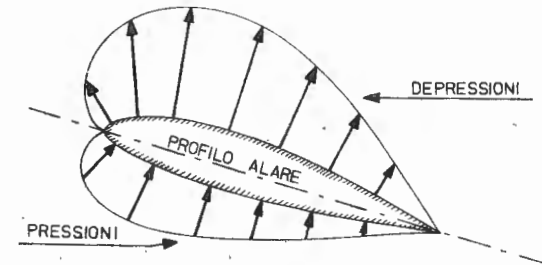



Fig. 12

FATTORI DA CUI DIPENDE LA PORTANZA

La portanza si esprime con la seguente relazione:

$$P = Cp \varrho S V^2$$

dove:

Cp - coefficiente di portanza, è un dato sperimentale che congloba gli effetti della forma del profilo e della sua incidenza. Esso viene determinato usando modelli in scala ridotta posti nelle cosiddette "gallerie del vento".

ρ - densità del fluido;

V^2 - velocità relativa dell'aria al quadrato;

S - superficie dell'ala.

Si fa notare che la suddetta relazione può essere scritta anche nel modo seguente:

$$P = Cp \frac{1}{2} \rho V^2 S$$

in cui il termine "$\frac{1}{2} \rho V^2$" rappresenta la *pressione dinamica* esercitata dalle particelle del fluido in movimento che urtano contro l'ala.

CENTRO DI PRESSIONE

E' il punto dell'ala su cui è applicata la portanza. La posizione del centro di pressione varia al variare dell'incidenza: se l'angolo di attacco aumenta, esso si sposta in avanti, e viceversa.

VARIAZIONE DELLA PORTANZA IN FUNZIONE DELL'ANGOLO DI INCIDENZA

Con l'aumentare dell'angolo di incidenza aumenta proporzionalmente anche la portanza fino ad un certo valore massimo corrispondente a circa 15÷18° (valore variabile da profilo a profilo). Una volta superato tale valore definito *angolo d'incidenza critica*, la portanza decresce rapidamente. E' intuitivo che in caso di ali a profilo simmetrico, a incidenza 0° corrisponde portanza nulla, mentre in quelle a profilo asimmetrico la portanza diventa nulla quando si raggiunge una incidenza negativa.

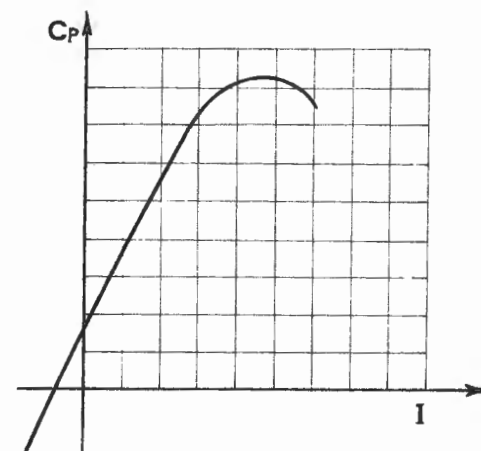



Fig. 13

Diagramma che rappresenta il comportamento della portanza in funzione del variare dell'incidenza.

STALLO

Lo *stallo* si verifica quando l'ala raggiunge la sua incidenza critica. A questo punto i filetti fluidi, che ad angoli d'attacco normali lambiscono l'ala, si staccano dal dorso del profilo, favorendo il formarsi di vortici ed una repentina caduta di portanza. E' importantissimo tener presente che lo stallo si produce ad una determinata incidenza, qualunque sia la velocità.

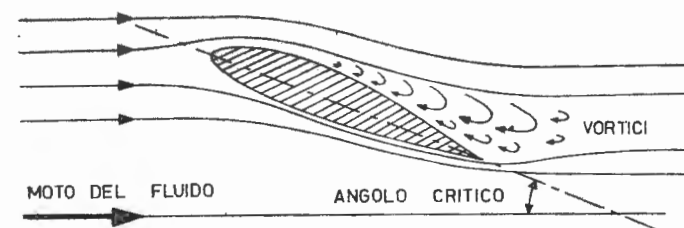



Fig. 14 - Stallo

VELOCITA' MINIMA

Nel volo rettilineo orizzontale, all'incidenza critica o di massima

portanza, corrisponde la *velocità minima* o di stallo, al di sotto della quale non è più possibile il sostentamento del velivolo.

La velocità minima dipende naturalmente anche dalla densità dell'aria, e sarà tanto più elevata quanto più elevata sarà la quota di volo (come è noto con l'aumentare della quota diminuisce la densità dell'aria). Un velivolo che al livello del mare si sostiene alla velocità minima di 175 km/h, alla quota di 6000 metri non si sosterrà a meno di 230 km/h. A questo punto si fa osservare che l'indicatore di velocità viene influenzato allo stesso modo dalla riduzione della densità dell'aria, per cui la velocità di 175 km/h che esso indica a 6000 metri corrisponde ad una velocità vera (corretta cioè dell'errore di pressione) di 230 km/h.

Da quanto sopra specificato è facile intuire che la velocità di stallo, (corrispondente alla velocità indicata, non corretta cioè dell'errore di pressione) è uguale a tutte le quote. La velocità di stallo dipende, inoltre, dal fattore di carico* del velivolo; aumentando tale fattore, detta velocità cresce in funzione della radice quadrata del fattore stesso.

ALI SVERGOLATE

Al fine di ritardare il fenomeno dello stallo, sui velivoli modernamente concepiti, vengono montate ali *svergolate*, in cui l'angolo di calettamento delle semiali diminuisce progressivamente dalla radice verso l'estremità dell'ala.

E' ovvio che con tale accorgimento si riduce l'angolo di incidenza delle estremità alari che per prime sono soggette alla caduta di portanza, conseguentemente il fenomeno dello stallo viene così ritardato, avviene cioè ad una velocità inferiore di quella a cui si sarebbe verificato se le ali avessero avuto un angolo di calettamento uguale a quello esistente in corrispondenza della fusoliera.

RESISTENZA AERODINAMICA

La resistenza opposta dall'aria ad un velivolo in volo si chiama *resistenza aerodinamica* e si suddivide in: *resistenza dell'ala* e *resistenza parassita.*

* Vedi pag. 31 .

A sua volta, la prima di queste ultime due si distingue in:

- Resistenza di forma
- Resistenza di attrito
- Resistenza indotta.

La seconda è detta resistenza parassita perchè è quella generata da tutte le superfici che non producono portanza.

RESISTENZA DI FORMA

Quando un corpo qualsiasi si muove nell'aria, lascia dietro di sè una scia vorticosa che causa un effetto frenante all'avanzamento del corpo stesso. Poichè la resistenza di forma è proporzionale all'entità della scia, è possibile diminuirla notevolmente riducendo i vortici della scia medesima dando al corpo una opportuna forma aerodinamica "affusolata". (fig. 15).

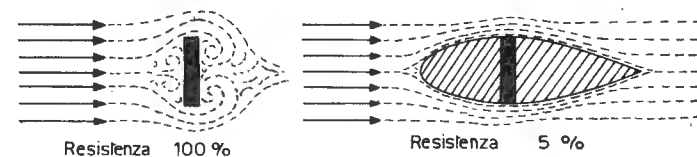



Fig. 15 - resistenza di forma

RAPPORTO DI FINEZZA

Chiamasi *rapporto di finezza* il rapporto fra la lunghezza e lo spessore di qualunque corpo avente forma aerodinamica (fig. 16).

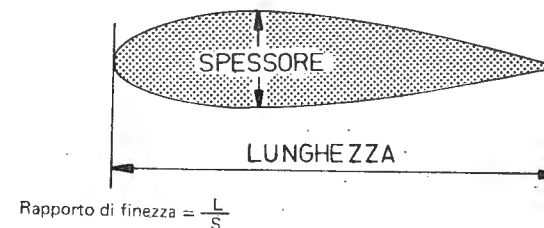



Fig. 16 - rapporto di finezza

RESISTENZA D'ATTRITO - STRATO LIMITE

La *resistenza d'attrito* è quella generata dallo scorrimento di una corrente fluida sulla superficie dell'ala in movimento nell'aria. Essa si manifesta nelle immediate vicinanze della superficie di contatto, dove la velocità relativa del fluido viene rallentata. Lo strato d'aria frenato è denominato *strato limite* ed il suo spessore è di qualche millimetro o frazione di millimetro. Esso è costituito da sottilissimi strati fluidi paragonabili a lamine, ognuno dei quali esercita un'azione frenante nei confronti dello strato fluido immediatamente superiore ed è a sua volta frenato da quello inferiore. Tale azione frenante è dovuta alla viscosità del fluido. Lo strato limite si dice a scorrimento *laminare* quando l'andamento dei filetti fluidi corrisponde a quello testè descritto; è invece a scorrimento *turbolento*, quando piccoli moti vorticosi perturbano l'andamento laminare del fluido. Lo strato limite laminare si manifesta sui comuni profili alari nella zona compresa tra il bordo di attacco e la sezione di massimo spessore, dopo di che diventa turbolento. Si può ridurre la resistenza d'attrito arretrando il più possibile la sezione di massimo spessore del profilo alare e levigando al massimo la superficie dell'ala.

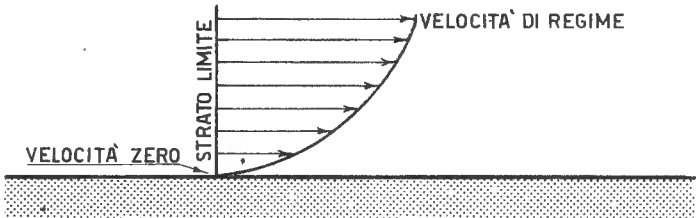



Fig. 17
Rappresentazione grafica dellò strato limite in cui è indicato vettorialmente l'andamento della velocità dei vari strati che lo compongono.

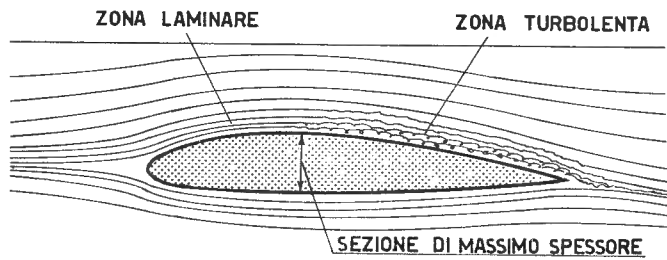



Fig. 18 - Andamento dello strato limite

ALLUNGAMENTO ALARE

Si chiama *allungamento alare* il rapporto esistente tra la superficie del piano alare ed il quadrato della corda media, oppure il rapporto tra l'apertura alare e la corda media. Esso assume valori variabili da 5 a 10 per i normali velivoli e può raggiungere valori da 20 a 25 nei veleggiatori.

RESISTENZA INDOTTA

La differenza di pressione fra il dorso e la superficie inferiore dell'ala, fa sì che l'aria in sovrappressione tenda a passare verso la zona di bassa pressione. La via più comoda da seguire è quella di girare intorno alle estremità alari dando così origine a *vortici marginali*. Inoltre, il fluire di quest'aria causa uno spostamento nella direzione del flusso relativo, che investe l'ala, infatti, i filetti fluidi in corrispondenza del dorso vengono deviati verso la fusoliera, ed in senso opposto sotto il ventre. Detti filetti fluidi s'incontrano poi lungo il bordo d'uscita dell'ala formando fra loro un certo angolo e danno così luogo ad una scia di *vortici liberi* che vengono ad aggiungersi ai vortici marginali. Quanto sopra specificato determina la *resistenza indotta* che provoca una diminuzione di portanza ed un aumento della resistenza all'avanzamento. Si possono ridurre sensibilmente gli effetti della resistenza indotta aumentando l'allungamento alare, ed applicando alle estremità alari serbatoi supplementari opportunamente affusolati.

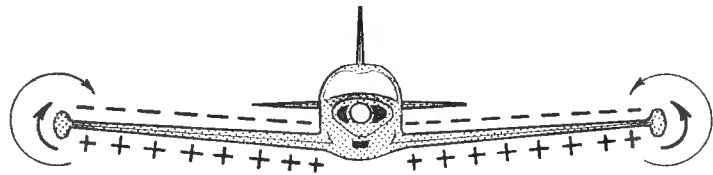



Fig. 19/a - Circolazione dell'aria dalla zona di alta pressione verso la zona di bassa pressione.

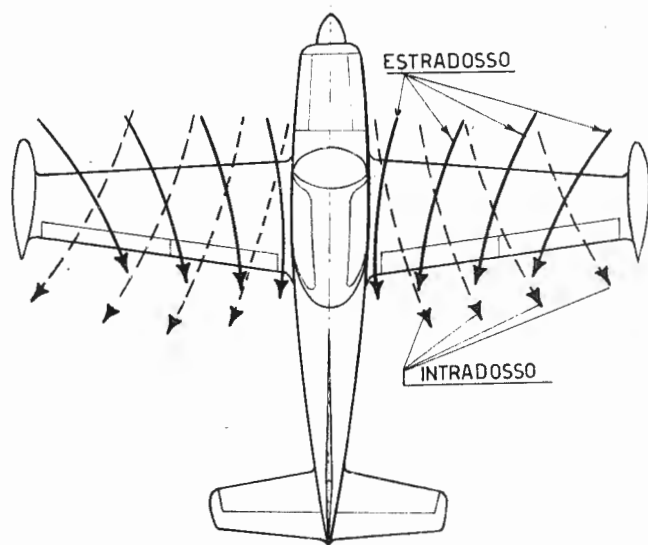



Fig. 19/b - Deviazione dei filetti fluidi in corrispondenza del dorso e del ventre dell'ala.

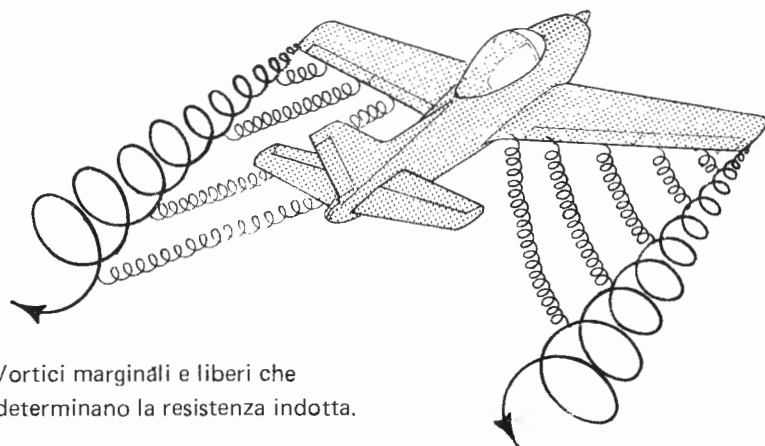



Fig. 19/c - Vortici marginali e liberi che determinano la resistenza indotta.

PERICOLOSITA' DELLE SCIE VORTICOSE

E' molto pericoloso per un velivolo entrare in una scia vorticosa, perchè le raffiche che si verificano in essa sono di tale intensità che possono

provocare la perdita di controllo della condotta del velivolo stesso.

Si sottolinea che la scia aumenta con la mole dell'aereo che la genera e diminuisce con l'aumentare della sua velocità. Per cui un grosso velivolo da trasporto lascia più scia quando vola a velocità ridotta (ossia in decollo o in avvicinamento) di quella che produce alla massima velocità di crociera. E' buona norma di sicurezza per evitare di entrare in scia, di attendere qualche minuto prima di atterrare o decollare dietro ad un aereo che ci precede.

FATTORI DA CUI DIPENDE LA RESISTENZA

Analogamente a quanto abbiamo visto per la portanza, anche la resistenza dipende dagli stessi fattori, per cui le formule che pongono in evidenza tale dipendenza sono le seguenti:

$$R = Cr\ \rho\ S\ V^2 \qquad\qquad R = Cr\ \tfrac{1}{2}\rho S\ V^2$$

in cui il coefficiente di resistenza Cr, come è già stato detto per il Cp, è un dato ricavato sperimentalmente e che dipende dalla forma del profilo e dalla sua incidenza.

VARIAZIONE DELLA RESISTENZA AL VARIARE DELL'ANGOLO DI INCIDENZA

Il diagramma in figura 20 illustra come varia la resistenza al variare dell'angolo di incidenza. Sull'asse delle ascisse sono indicati i valori dell'angolo di attacco e su quello delle ordinate i valori dei coefficienti di resistenza. Come si vede la resistenza aumenta con l'aumentare dell'incidenza, ma con un andamento di proporzionalità che presenta valori minimi per piccoli angoli di incidenza e valori infiniti quando essa raggiunge l'angolo critico.

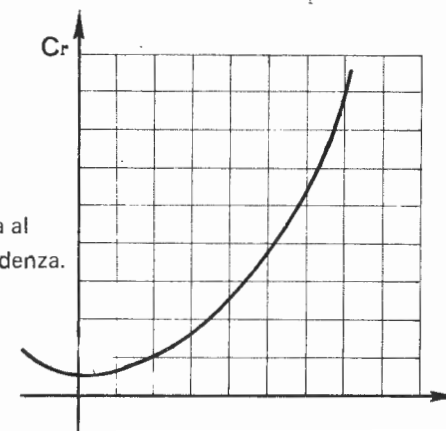



Fig. 20 - variazione della resistenza al variare dell'angolo di incidenza.

EFFICIENZA AERODINAMICA

E' il rapporto esistente tra la portanza e la resistenza; essa è una caratteristica molto importante poichè un'ala che ha una elevata efficienza consente al velivolo di coprire in volo librato distanze maggiori. Evidentemente questo rapporto che caratterizza il rendimento aerodinamico dell'ala, varia con l'angolo di incidenza e raggiunge il suo valore più alto (efficienza massima) per un certo valore di quest'ultimo, chiamato "angolo di incidenza ottima". In altre parole, l'efficienza aerodinamica rappresenta là distanza che un velivolo può percorrere in volo librato in base alla quota di volo. Ad esempio E = 15 significa che un aereo per ogni metro di quota percorre in volo librato 15 metri di percorso orizzontale. Pertanto, se un velivolo ha una quota di 2000 metri potrà coprire una distanza di 30 km prima di toccare il suolo (2000 x 15 = 30.000).

L'efficienza si esprime con la seguente formula:

$$E = \frac{P}{R} \quad \text{oppure} \quad E = \frac{Cp}{Cr}$$

Anche l'efficienza si può rappresentare graficamente, e il suo andamento, al variare dell'incidenza, è illustrato in figura 21. I valori normali dell'efficienza sono compresi da zero a 25.

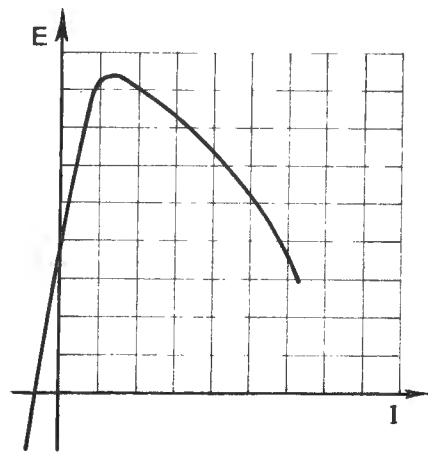



Fig. 21 - efficienza aerodinamica

POLARE DELL'ALA

E' un diagramma da cui si possono ricavare tutte le caratteristiche aerodinamiche dell'ala. Come si vede in figura 22, sull'asse delle ordinate si portano i coefficienti di portanza e su quello delle ascisse i coefficienti di resistenza. Gli angoli di incidenza vengono indicati lungo lo sviluppo della curva *polare.* L'efficienza massima si ottiene tracciando dall'origine degli assi cartesiani una tangente a detta curva; il corrispondente angolo di incidenza si identifica con quello di ottima incidenza.

Il punto di portanza massima, corrispondente all'angolo di incidenza critica, si ricava tracciando una parallela all'asse delle ascisse tangente alla sommità della curva polare. Il punto di resistenza minima si trova portando una parallela all'asse delle ordinate tangente alla curva polare. Il punto di portanza nulla è situato all'intersezione della curva in parola con l'asse delle ascisse.

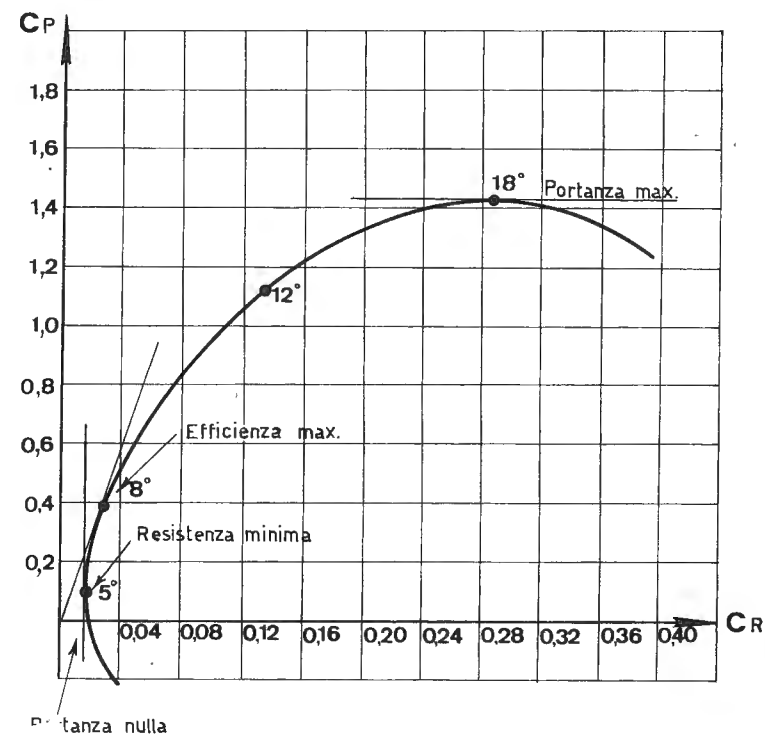



Fig. 22 - polare dell'ala

POLARE DEL VELIVOLO COMPLETO

La polare del velivolo è analoga come forma a quella dell'ala singola. Naturalmente a pari valori di Cp corrispondono maggiori valori di Cr, in quanto la resistenza del velivolo completo, oltre alla resistenza "d'ala", comprende anche la cosiddetta resistenza "parassita", generata da tutte le superfici che non producono portanza (fusoliera, carrello, ecc.).

Quest'ultima rimane sempre costante, mentre la prima varia con l'incidenza. Per la polare in parola valgono le stesse argomentazioni fatte sulla polare dell'ala, riguardo al punto di massima efficienza, di portanza massima e di resistenza minima. Tale diagramma è quello che maggiormente interessa il pilota poichè fornisce le varie caratteristiche aerodinamiche del velivolo.

STABILITA' STATICA

Si dice *stabilità statica* la tendenza di un velivolo, una volta perturbato, di ritornare spontaneamente nella sua posizione originaria.

STABILITA' DINAMICA

Un velivolo si dice *dinamicamente stabile* quando tende a smorzare, più o meno rapidamente, i moti oscillatori a cui è stato sottoposto.

ASSI DEL VELIVOLO A CUI VIENE RIFERITA LA STABILITA'

Asse longitudinale, è quello passante per il baricentro, con direzione muso-coda. Il movimento del velivolo intorno a tale asse si chiama "rollio".

Asse trasversale è quello passante per il baricentro ed è parallelo al piano alare. Il movimento del velivolo intorno a tale asse si chiama "beccheggio".

Asse verticale è quello passante per il baricentro ed è perpendicolare ai due assi precedenti. Il movimento del velivolo intorno a questo asse chiamasi "imbardata".

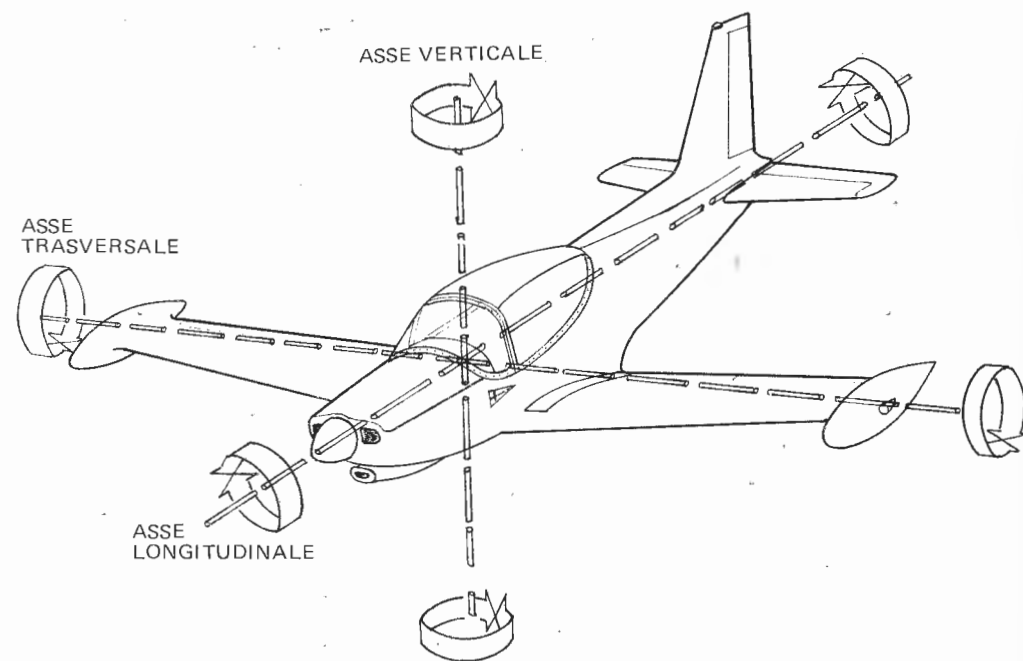



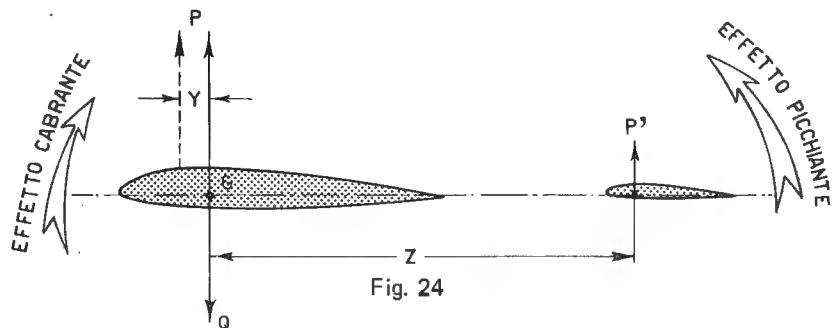
Fig. 23

STABILITA' LONGITUDINALE

La *stabilità longitudinale del velivolo* è quella relativa ai movimenti di beccheggio (cabrata e picchiata), le rotazioni, cioè, che avvengono intorno all'asse trasversale. Ad assicurare tale stabilità provvede il piano fisso orizzontale di coda.

In figura 24 appare evidente che se l'ala, per una causa accidentale qualsiasi, genera un momento cabrante o picchiante, il piano fisso orizzontale di coda è in grado di generare un momento contrario a quello prodotto dall'ala stessa, capace di riportare l'assetto del velivolo nella posizione primitiva. Ad esempio, se una raffica di vento aumenta l'incidenza dell'ala con corrispondente aumento di portanza e relativo sposta-

mento in avanti del centro di pressione, si determinerà in tal caso un momento cabrante, il cui valore è costituito dal prodotto di "P · y". Nello stesso tempo il suddetto piano fisso di coda svilupperà un momento picchiante il cui valore è dato da "P' · z", che riporterà il velivolo nella sua posizione originaria di equilibrio.

Fig. 24

STABILITA' DIREZIONALE

La *stabilità direzionale del velivolo,* è quella relativa ai movimenti di imbardata, cioè le deviazioni verso destra o sinistra che avvengono intorno all'asse verticale. A rendere stabile il velivolo in tal senso provvede il piano fisso verticale di coda o deriva. Infatti, quando il velivolo devia, per esempio verso sinistra, la superficie destra della deriva viene investita dal flusso del vento relativo con una certa pressione, mentre sulla corrispondente superficie sinistra si crea una depressione. Come risultato si ha un momento raddrizzante che tende a riportare il velivolo nella direzione primitiva.

ALI A FRECCIA

Le ali a freccia contribuiscono a migliorare la stabilità direzionale, perchè la loro configurazione è tale che quando si verifica una imbardata, la semiala che avanza viene investita da un maggior flusso d'aria, per cui è sottoposta ad una resistenza superiore rispetto a quella della

semiala che retrocede. A causa di tale differenza di resistenza sorge un momento raddrizzante che tende a riportare il velivolo nella sua primitiva condizione di volo. (fig. 25).

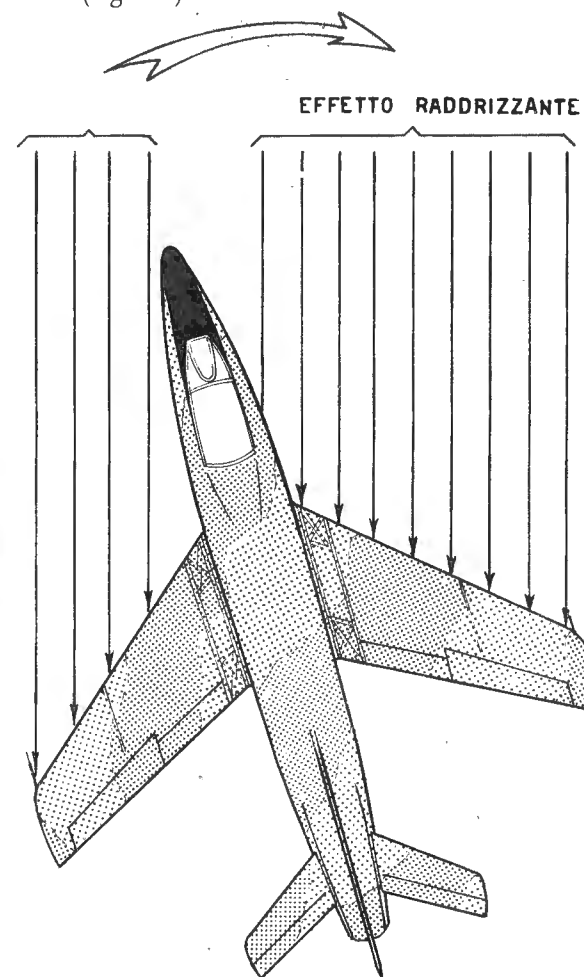



Fig. 25

STABILITA' TRASVERSALE

La *stabilità trasversale* è quella relativa ai movimenti di rollio, le rotazioni, cioè, che avvengono intorno all'asse longitudinale. Quando il

velivolo s'inclina nasce un susseguente movimento trasversale detto di "scivolata", che tende a spostare il velivolo verso la semiala più bassa. Il movimento di scivolata fa sì che il flusso di corrente colpisca la semiala abbassata con un angolo di incidenza maggiore di quello della semiala alzata, per cui la maggior portanza della prima genera un momento raddrizzante che tende a smorzare la rotazione iniziale.

La stabilità in parola si raggiunge, però, dando all'ala la forma a "diedro" (figura 26); infatti, con tale accorgimento, si aumenta la disimmetria d'incidenza quindi la differenza di portanza fra le due semiali. Favorisce inoltre, la stabilità laterale, l'impennaggio verticale di coda, qualora il centro di pressione di questo sia posto più in alto del baricentro; è appunto in considerazione di ciò, che i velivoli ad ala alta non hanno bisogno del diedro trasversale.

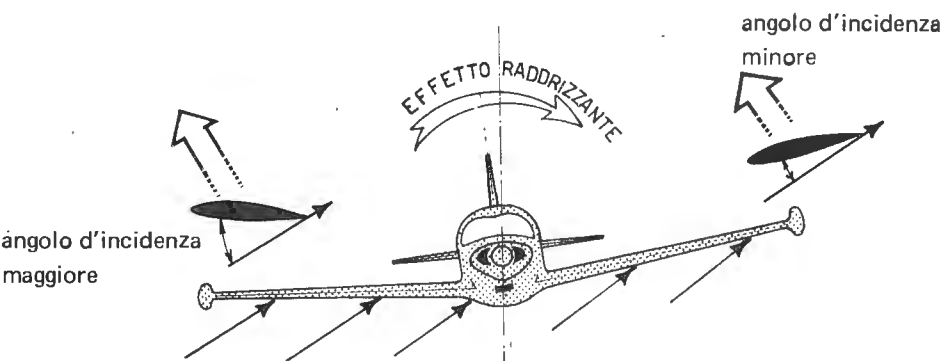



Fig. 26

RELAZIONE TRA STABILITA' DIREZIONALE E TRASVERSALE

In considerazione di quanto precedentemente specificato, è facile dedurre che esiste uno stretto legame tra stabilità direzionale e trasversale, ossia fra rollio ed imbardata. Questi movimenti sono sempre accoppiati tra di loro, infatti una rotazione intorno all'asse verticale comporta sempre una corrispondente rotazione intorno all'asse longitudinale e viceversa.

COMPENSAZIONE STATICA E DINAMICA DELLE SUPERFICI DI CONTROLLO

Un velivolo viene manovrato a mezzo delle *superfici mobili di comando*, che su un velivolo classico sono tre, e ciascuna agisce intorno ad uno dei tre assi del velivolo. Esse sono:

- *il timone di profondità*, che comanda i movimenti intorno all'asse trasversale;
- *il timone di direzione*, che comanda i movimenti intorno all'asse verticale;
- *gli alettoni*, che comandano i movimenti intorno all'asse longitudinale.

Tali superfici sono dislocate il più lontano possibile dal centro di gravità del velivolo, onde ottenere il maggior braccio di leva possibile.

Il bilanciamento o la compensazione delle superfici di controllo in parola può ottenersi in due modi, per due diverse ragioni.

La compensazione *aerodinamica* è desiderabile al fine di avere per il pilota il minimo sforzo nella condotta del velivolo. La compensazione *statica* è necessaria per evitare che le superfici di comando entrino in vibrazione.

La compensazione aerodinamica può essere ottenuta spostando la *linea di cerniera* il più vicino possibile al centro di pressione della superficie di comando, oppure ponendo una appendice alla superficie di comando stessa, la quale si prolunga oltre la linea di cerniera. (fig. 27).

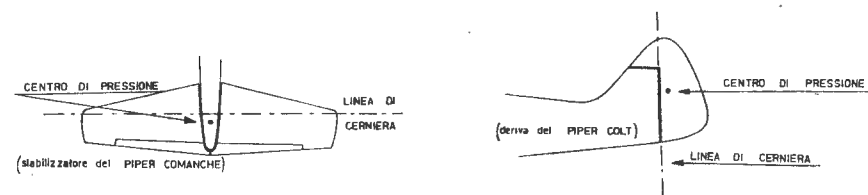



Fig. 27

Con quest'ultima disposizione si ottiene che l'azione dell'aria su tale appendice aiuta la rotazione del timone nel senso comandato dal pilota, alleggerendo così lo sforzo di questi. Il più moderno metodo per ottenere il desiderato grado di compensazione aerodinamica consiste nell'azione antagonista di piccole alette *"flettners"* regolabili in volo da parte del pilota, e applicate sul bordo di uscita delle superfici mobili.

I flettners, muovendosi nella direzione opposta a quella delle super-

fici di comando, vengono investiti dal flusso d'aria in modo tale che aiutano la rotazione delle superfici di comando a cui sono collegati, nel senso voluto dal pilota.

La compensazione statica invece, viene fatta per evitare che le superfici di comando entrino in vibrazione, in particolar modo alle alte velocità; essa consiste nel contrappesare le superfici mobili nella zona anteriore alla linea di cerniera.

EQUILIBRIO DEL VELIVOLO IN VOLO RETTILINEO ORIZZONTALE UNIFORME

Un velivolo in volo è sempre soggetto a quattro forze, a due a due in opposizione (portanza-peso e trazione-resistenza), che si possono ritenere applicate al baricentro del velivolo.

Durante il volo orizzontale rettilineo uniforme, le suddette quattro forze debbono essere in perfetto equilibrio, cioè: la portanza deve esattamente eguagliare il peso, e la trazione deve essere uguale alla resistenza.

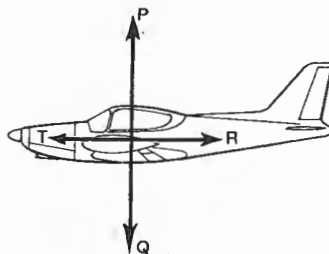



Fig. 28

VOLO IN SALITA

Come appare evidente in figura 29 nel volo in salita il peso Q non essendo perpendicolare alla traiettoria (in quanto esso agisce sempre lungo la verticale) ammette le due seguenti componenti: Q_1 normale alla direzione del moto; Q_2 parallela alla direzione del moto ma di senso contrario. Ne consegue pertanto, che la trazione T nel volo in salita è maggiore di quella richiesta per il volo orizzontale, perchè deve equilibrare oltre la resistenza R anche la componente Q_2 del peso. Mentre la portanza P risulta inferiore di quella necessaria nel volo orizzontale perchè deve equilibrare la componente Q_1 che è minore di Q.

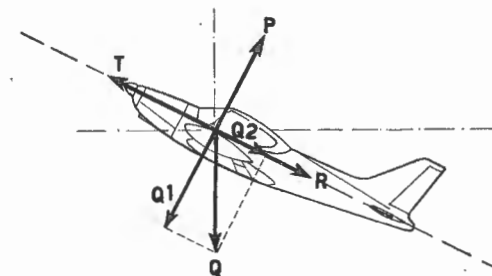



Fig. 29

VOLO IN DISCESA SENZA MOTORE (VOLO LIBRATO O PLANATO)

E' ovvio che anche nel volo in discesa il peso dà luogo a due componenti: l'una, Q_1, normale alla traiettoria, l'altra, Q_2, parallela alla direzione del moto ed avente lo stesso verso. In questo caso, la componente Q_2 agisce come forza motrice equilibrando in tal modo la resistenza R, in sostituzione della mancante trazione. La portanza P equilibra la componente Q_1, pertanto, anche nel volo planato la portanza è sempre minore del peso Q. (fig. 30).

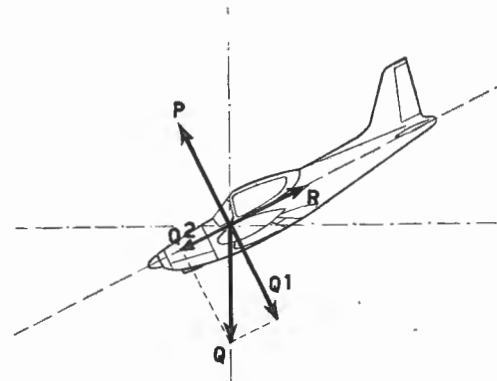



Fig. 30

VOLO IN DISCESA CON MOTORE

In queste condizioni di volo per la portanza P valgono le stesse considerazioni già fatte per il volo librato, mentre la somma della trazione T e della componente Q_2 devono equilibrare la resistenza R.

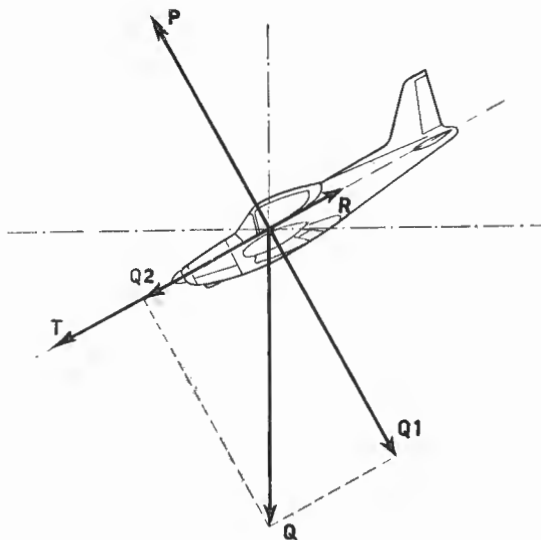



Fig. 31

CENTRAMENTO DEL VELIVOLO

Affinchè l'aereo sia in equilibrio, non tenda cioè a ruotare intorno all'asse trasversale baricentrico, è necessario che la somma dei momenti cabranti sia uguale a quella dei momenti picchianti. Naturalmente il centramento del velivolo viene calcolato per le condizioni di volo di crociera, mentre in tutte le altre condizioni di volo l'equilibrio si ottiene mediante l'impiego del timone di profondità. La stabilità e manovrabilità del velivolo dipendono dalla escursione del baricentro che deve essere contenuta entro due punti prestabiliti, che normalmente possono variare dal 25% al 40% rispettivamente come limite anteriore e posteriore rispetto alla corda media alare. Nel caso che le escursioni vadano al di là dei limiti consentiti, le azioni equilibratrici del timone di profondità potrebbero risultare insufficienti tanto da rendere difficoltoso o addirittura impossibile

il volo. E' ovvio che al centraggio concorra l'entità e la disposizione dei pesi, nel caso di carichi troppo arretrati si possono verificare seri incidenti per l'impossibilità di mantenere la linea di volo, quando l'aereo assume assetti troppo cabrati. Si sottolinea che per le condizioni di stabilità è opportuno che il velivolo sia "pesante di muso" piuttosto che "pesante di coda".

CARICO ALARE

In condizioni di volo rettilineo orizzontale uniforme, per *carico alare* si intende il rapporto esistente tra la superficie alare ed il peso del velivolo, esso si esprime in kg. per m^2.

EFFETTI DELLA FORZA CENTRIFUGA

Quando un velivolo percorre traiettorie curve sia nel piano orizzontale che in quello verticale (virate o richiamate), le sue strutture sono sottoposte oltre che alla normale forza di gravità, anche alle sollecitazioni dovute alla forza centrifuga.

PESO APPARENTE

Per *peso apparente* s'intende il peso normale del velivolo più l'incremento di peso virtuale determinato dalla forza centrifuga, che come è già stato detto si manifesta ogni qualvolta il velivolo percorre traiettorie curve; tali traiettorie possono essere generate sia da manovre eseguite dal pilota, sia da raffiche di vento.

FATTORE DI CARICO

Chiamasi *fattore di carico* il rapporto esistente tra il peso apparente ed il peso reale del velivolo, o tra l'accelerazione apparente e quella di gravità. Esso si esprime con il termine "g", che rappresenta l'accelerazione di gravità e si assume come unità di misura delle accelerazioni; pertanto il numero di -g,- "ng", indica la forza che sollecita un velivolo durante

determinate manovre quale multiplo del suo peso. E' intuitivo infatti, che questo fattore ha valore "uno" quando il velivolo è in volo rettilineo orizzontale uniforme, mentre si dirà che è sollecitato a "2g" quando è sottoposto ad una forza doppia della gravità, il che sta a significare che il suo peso è apparentemente raddoppiato.

FORZE AGENTI IN VIRATA

Come appare evidente in fig. 32 la portanza P (che in virata è sempre normale al piano alare) deve equilibrare il peso apparente G che rappresenta la risultante delle due componenti C e Q, rispettivamente corrispondenti: l'una alla forza centrifuga e l'altra al peso reale del velivolo.

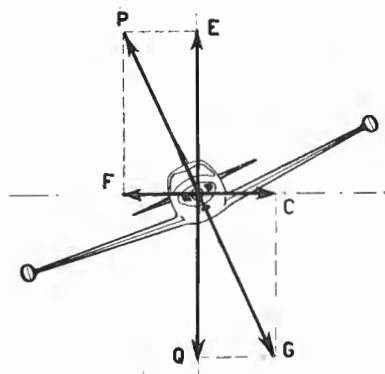



Fig. 32

In figura 33 è illustrato come una maggiore inclinazione della virata comporti un aumento della forza centrifuga e di un conseguente aumento del peso apparente.

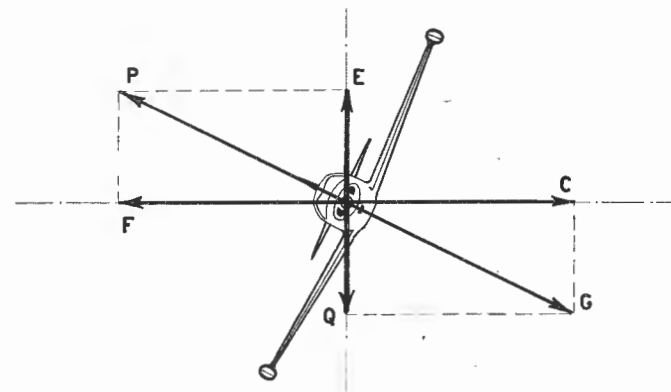



Fig. 33

FORZE AGENTI IN UNA RICHIAMATA

Quando il velivolo compie una traiettoria curva nel piano verticale, la portanza P deve equilibrare la somma (vettoriale) del peso Q e della forza centrifuga C. (fig. 34).

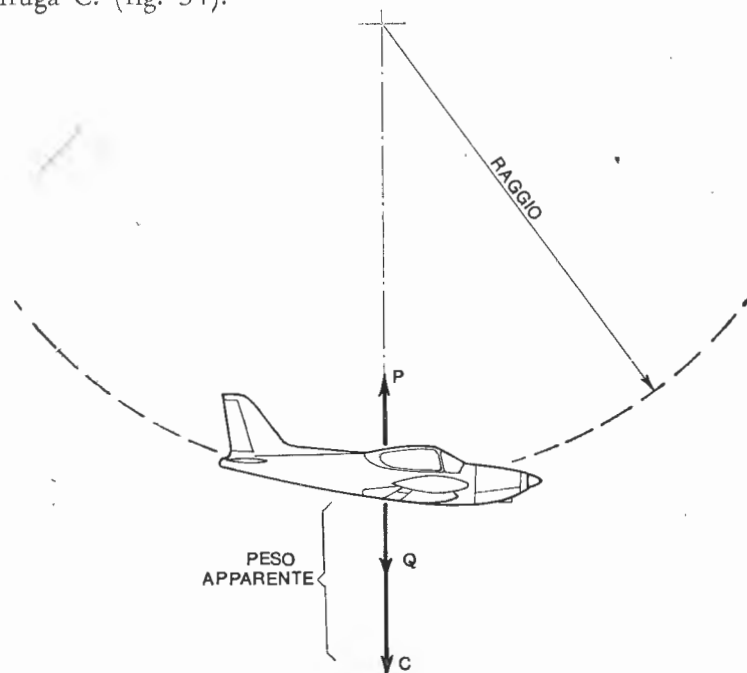



Fig. 34

COEFFICIENTE DI CONTINGENZA

Il *coefficiente di contingenza* rappresenta il massimo fattore di carico a cui un velivolo in volo può essere sottoposto per effetto delle prevedibili sollecitazioni (causate da manovre o da raffiche di vento) che esso può subire durante il suo impiego.

In genere per i velivoli di categoria normale tale coefficiente si aggira sui 2 - 3 "g", mentre per i velivoli acrobatici può raggiungere i 6 "g".

FATTORE DI SICUREZZA

E' un numero fisso prestabilito dal competente organo tecnico di ogni nazione, per il quale deve essere moltiplicato il predetto coefficiente di contingenza di ogni prototipo, affinchè la struttura dell'aereo possa essere calcolata con un prudenziale margine di sicurezza. Tale numero, chiamato *fattore di sicurezza*, varia da nazione a nazione; in Italia è 1,5, come negli U.S.A.

COEFFICIENTE DI ROBUSTEZZA

Il *coefficiente di robustezza* rappresenta il numero di "g" a cui si ha la rottura del velivolo secondo i calcoli di progetto. Si identifica con il valore che si ottiene moltiplicando il coefficiente di contingenza per il fattore di sicurezza. Per esempio, nel caso di un velivolo acrobatico si avrà:

coefficiente di contingenza 5 x 2 = 10 coefficiente di robustezza

COEFFICIENTE DI ROTTURA

Rappresenta il numero di "g" a cui si arriva a rompere il velivolo in realtà. E' leggermente maggiore del coefficiente di robustezza, ma se il progetto del velivolo è fatto con cura, non è molto lontano da esso.

IPERSOSTENTATORI

Gli *ipersostentatori* sono dei dispositivi che aumentano la portanza

ed accrescono quindi la capacità sostentatrice dell'ala. Dal punto di vista del loro impiego possono essere classificati in due famiglie. Della prima fanno parte i tipi a *fessura* o *alette anteriori*, il cui effetto è quello di migliorare lo scorrimento dell'aria sul dorso dell'ala alle grandi incidenze, ritardando così il fenomeno dello stallo.

Di questi tipi il più noto è la aletta "Handley-Page" (fig. 35). Essa in volo normale combacia col bordo di attacco dell'ala completandone il profilo. Alle forti incidenze si sposta invece automaticamente in avanti, dando così origine ad una fessura, attraverso la quale fluisce una veloce lama d'aria che scorrendo sul dorso del profilo ritarda il distacco dei filetti fluidi, ritardando in tal modo il fenomeno dello stallo.

Fig. 35

Alla seconda famiglia appartengono le *alette posteriori*, genericamente chiamate *flaps*; questi tipi di ipersostentatori, quando vengono abbassati, modificano il profilo di curvatura dell'ala con conseguente aumento della portanza. I flaps si distinguono poi in:

- alette di curvatura (ordinarie od a fessura), sono applicate sul bordo di uscita dell'ala;
- deflettori ventrali o alette di intradosso, sono applicate sul ventre dell'ala nella parte posteriore.

L'azione dei flaps comporta una vantaggiosa diminuzione della velocità minima di sostentamento del velivolo, il che facilita e rende più sicura la manovra d'atterraggio e riduce la successiva corsa di rullaggio. Inoltre, essi possono essere utili anche in partenza per abbreviare la corsa di decollo quando questo viene effettuato su piste di limitata lunghezza o su terreno erboso pesante e accidentato.

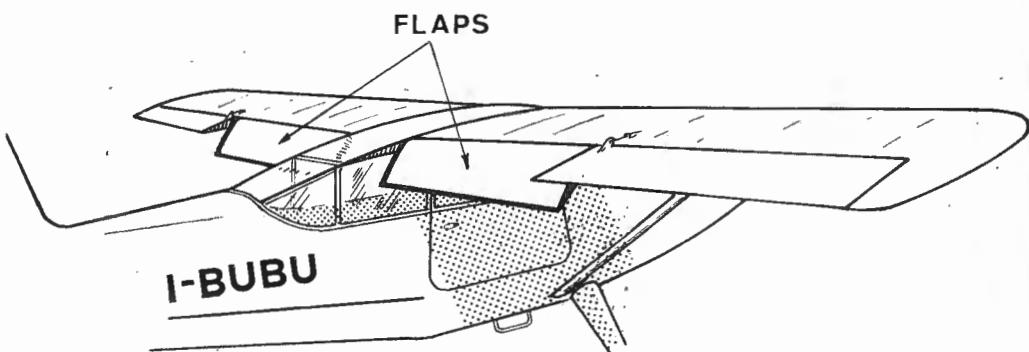



Fig. 36

ELICHE

L'elica è costituita da due o più pale applicate, mediante un mozzo, all'asse porta elica collegato con l'albero motore. La spinta o trazione che esse forniscono al velivolo è proporzionale alla massa d'aria cacciata indietro dalle pale ed alla velocità con cui tale massa d'aria viene spinta indietro.

Le eliche si possono dividere in due categorie principali: eliche a *passo fisso* ed eliche a *passo variabile.*

Le prime sono ancora in uso sui motori di piccola potenza; esse, per l'invariabilità del passo, ammettono un massimo rendimento per una certa velocità ad un determinato numero di giri, per cui, al variare di questi parametri, varierà il rendimento dell'elica. Un'elica a "piccolo passo" è molto efficiente alle basse velocità, come quelle che si raggiungono al decollo, mentre un'elica a "grande passo" è più efficiente ad alta velocità di traslazione. L'angolo di calettamento delle pale, nelle eliche a passo fisso, risulta un compromesso tra le esigenze di decollo e quelle del volo di crociera.

ELICHE A PASSO VARIABILE

Il limitato rendimento delle eliche a passo fisso ha incrementato lo sviluppo di quelle a passo variabile, dette anche a *calettamento variabile* od a *pale orientabili*, le quali sono impiegate sui velivoli moderni e su quelli di elevata potenza. In alcuni tipi il meccanismo che consente la variazione del passo, permette il calettamento delle pale nelle sole posizioni di: "massimo" e "minimo".

ELICHE A GIRI COSTANTI

Con congegni più recenti si possono avere eliche a passo variabile a *giri costanti.* Con eliche di questo tipo il numero dei giri selezionato dal pilota, mediante il comando passo elica, rimane invariato, poichè un opportuno regolatore di giri (che può essere meccanico, idraulico o elettrico), adatta automaticamente il passo ad ogni variazione di potenza e velocità.

Per esempio, se il velivolo "cabra", il passo diminuisce, mentre aumenta se il velivolo "picchia", per cui il numero dei giri rimane costante.

MESSA IN BANDIERA DELL'ELICA

Si è avvertita la necessità, in particolare sui velivoli plurimotori, in caso di piantata motore, di poter calettare le pale dell'elica a passo infinito (ovvero a 90° circa).

Ciò offre il vantaggio di ridurre al minimo la resistenza d'avanzamento, in quanto le pale assumono nel letto del vento l'assetto di portanza nulla, cioè viste dall'esterno appaiono parallele alla direzione del vento come una bandiera.

VELOCITA' DEL SUONO

La velocità di propagazione del suono nell'aria, al livello del mare ed alla temperatura di 15°C è di 340 m/sec., ovvero di 1255 km/h circa. Essa aumenta con la temperatura, e diminuisce se la temperatura decresce, infatti a -50°C la velocità in parola scende a 1100 km/h.

COMPRESSIBILITA'

Quando un velivolo si muove nell'aria genera delle *onde di pressione* che si propagano ad una velocità pari a quella del suono, e con una configurazione simile a quella delle onde che sviluppa un natante in movimento sull'acqua.

E' evidente, che se la velocità del velivolo aumenta, tali onde diventano sempre più eccentriche fino al punto di ammassarsi l'una sull'altra quando il velivolo raggiunge la velocità del suono. Tale ammassamento determina naturalmente un aumento della densità dell'aria che provoca una forte e repentina resistenza di compressione, denominata *barriera sonica* o muro del suono. (fig. 37).

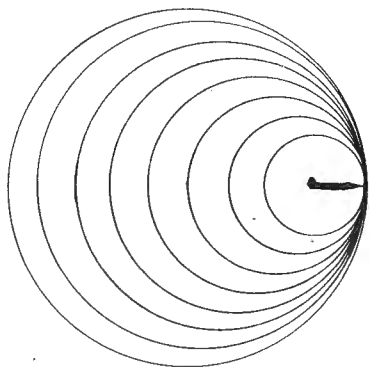



Fig. 37

ONDE D'URTO

Le *onde d'urto* sono un prodotto della compressibilità, pertanto si verificano sempre laddove la velocità locale del flusso raggiunge la velocità del suono. Esse si possono anche generare quando il velivolo sta volando al di sotto della velocità del suono, perchè è noto che in corrispondenza dei punti di massimo spessore del profilo alare la velocità della corrente fluida viene accelerata e può eguagliare o anche superare la velocità del suono stesso. La comparsa delle onde d'urto e del susseguente stallo d'urto, provocano gravi disturbi nella condotta del velivolo, difficili da controllare.

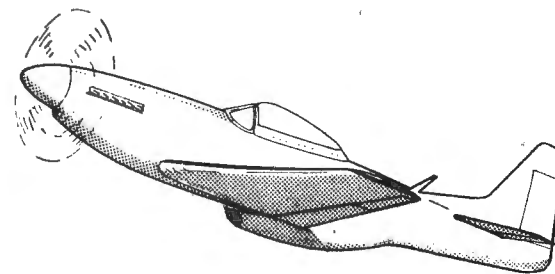
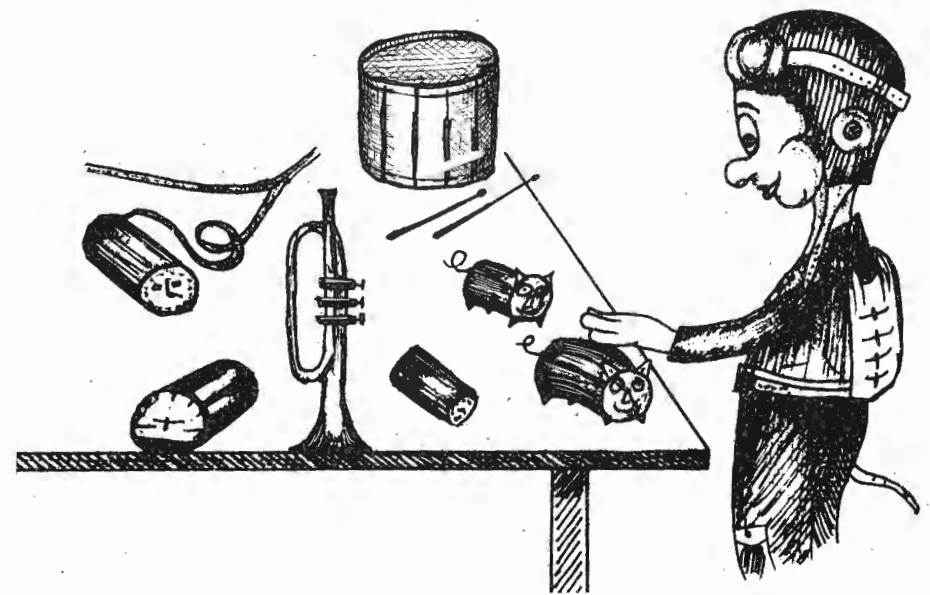
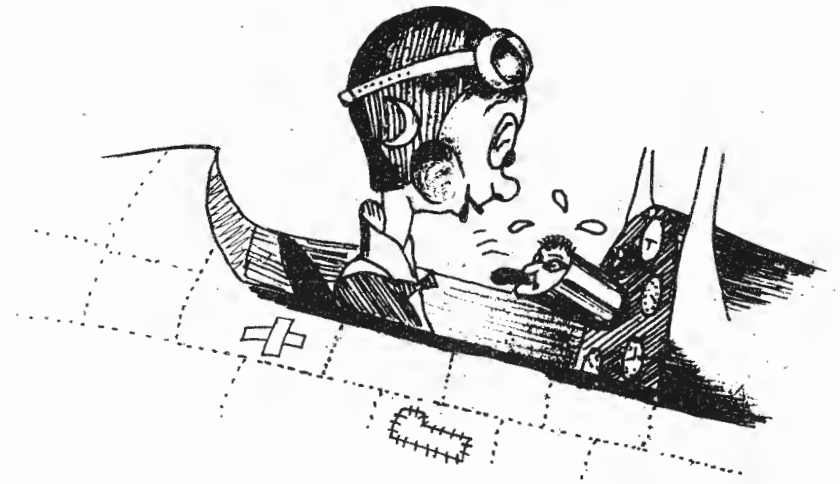
TUONO SONICO O "BANG"

E' la detonazione avvertita a terra, provocata dalle onde d'urto che si generano quando un velivolo raggiunge la velocità supersonica. Come curiosità si cita che anche il comunissimo "schiocco" di frusta è dovuto al superamento della velocità sonica da parte dell'estremità della frusta stessa agitata con un rapido movimento.

NUMERO DI MACH

E' il rapporto tra la velocità del velivolo e la velocità del suono. Pertanto, quando un velivolo vola alla stessa velocità del suono, il numero dei Mach è 1, volerebbe invece a Mach 2 se la sua velocità fosse doppia di quella del suono.

NUMERO DI MACH CRITICO

E' il numero di Mach al quale inizia a manifestarsi l'onda d'urto sul velivolo che si muove a velocità inferiore a quella del suono. Un metodo efficace per elevare il numero di Mach critico, è l'adozione delle ali a freccia, perchè ritardano la formazione delle onde d'urto.

STRUMENTI

STRUMENTI A CAPSULA

Chiamansi strumenti a capsula quelli la cui parte sensibile è costituita da una o più capsule metalliche elastiche, che si espandono e si contraggono per effetto della variazione di pressione che si verifica sulle medesime. I movimenti lineari di espansione e contrazione delle capsule manometriche, per mezzo di leve ed ingranaggi vengono ampliati e trasformati in moto rotatorio e trasmessi ad un indice che ruota su un quadrante graduato fornendo le indicazioni richieste. Gli strumenti a capsula installati sul cruscotto degli aerei sono:

- **Altimetro**
- **Indicatore di velocità** (anemometro)
- **Variometro**

TUBO PITOT

La sorgente di pressione comune ai suddetti tre strumenti è il *tubo Pitot* che raccoglie due pressioni fondamentali:

- *pressione statica* (cioè la normale pressione atmosferica);
- *pressione d'impatto* (pressione statica più la pressione dinamica, quella cioè relativa al moto dell'aereo).

La pressione statica viene raccolta attraverso gli appositi forellini sul tubo di Pitot che costituiscono la cosiddetta *presa statica.* Si ritiene opportuno precisare che tale presa statica non risente della pressione dovuta al moto dell'aereo, perchè i filetti fluidi d'aria scorrono parallelamente alla superficie del Pitot.

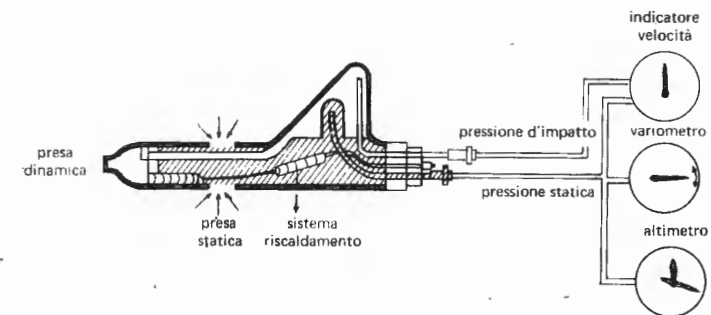



Fig. 38 - Tubo Pitot

Quando il velivolo è in volo orizzontale rettilineo, nella camera di pressione statica si ha un valore di pressione uguale a quello dell'aria esterna, perciò non vi è passaggio di aria tra l'esterno e l'interno.

Nelle salite la pressione esterna diminuisce con continuità rispetto a quella esistente nella camera statica del Pitot, conseguentemente attraverso i forellini si stabilisce un flusso d'aria verso l'esterno che determina in tal modo un equilibrio di pressione.

Nelle discese si ha invece un passaggio d'aria dall'esterno verso l'interno della camera statica.

Quando l'aeroplano è fermo, dalla imboccatura anteriore del tubo, *presa dinamica*, entra solamente pressione statica; quando invece l'aereo è in volo, alla pressione statica si aggiunge anche la pressione dinamica dovuta alla velocità del velivolo, in tal caso pertanto, dalla presa dinamica entra la *pressione d'impatto* che è la somma della pressione statica più quella dinamica.

Le suddette pressioni vengono così distribuite:

– *pressione statica:* altimetro, variometro, anemometro;

– *pressione d'impatto:* anemometro.

ALTIMETRO

E' lo strumento che permette di misurare la quota di volo. E' costituito da una capsula barometrica nell'interno della quale è stato fatto il vuoto d'aria. Detta capsula è contenuta da un involucro (o cassa) a tenuta stagna, salvo un'apertura connessa alla presa statica del Pitot. Quando l'aeroplano sale, la pressione atmosferica nella cassa diminuisce, per cui la capsula si dilata e l'indice dello strumento a cui è collegata indica un aumento di quota; il contrario succede quando l'aereo scende. Per la taratura degli altimetri ci si è riferiti ad un'atmosfera teorica con caratteristiche di umidità, temperatura, ecc., ben definite, detta per convenzione internazionale *aria tipo*. Rimane però il fatto che la pressione atmosferica dell'aria reale differisce sempre da quella dell'aria tipo, da luogo a luogo e nel tempo. Per rimediare a questo inconveniente si agisce sulla scala barometrica dello strumento, graduata in millibar o pollici, che può essere regolata manualmente dal pilota mediante un bottone zigrinato, azionando il quale oltre a predisporre il valore della pressione esistente al momento, si provoca contemporaneamente la rotazione degli indici dello strumento. Ad evitare

errate convinzioni si precisa che quando si gira il bottone di regolazione, non si costringono le capsule ad espansioni o compressioni forzate, ma si determina la rotazione dell'intera incastellatura (contenente capsule, leve, ingranaggi, ecc.). Gli indici infatti, sono sistemati in modo tale che possano ruotare sia per effetto delle espansioni e compressioni delle capsule, sia solidalmente alle rotazioni dell'incastellatura ottenute facendo girare detto bottone di regolazione.

ERRORI DELL'ALTIMETRO

Le indicazioni dell'altimetro possono essere affette dai seguenti errori: *pressione, temperatura, isteresi, attrito.*

Errori di alta pressione ed alta temperatura

Lo strumento indica una quota inferiore alla reale; pertanto l'aeroplano si trova a volare a quota superiore a quelle indicate.

Errori di bassa pressione e bassa temperatura

Lo strumento indica una quota superiore alla reale; queste sono le condizioni più sfavorevoli perchè il velivolo si trova a quote più basse di quelle indicate.

Errore di isteresi

Questo errore è dovuto al ritardo dei movimenti di espansione e contrazione delle capsule che non seguono istantaneamente le variazioni di pressione, per cui le rispettive variazioni di quota vengono denunciate con un certo ritardo.

Errori d'attrito

Sono dovuti agli attriti degli ingranaggi e dei perni del sistema di trasmissione.

Formazione di ghiaccio alla presa statica

L'altimetro resta bloccato su una indicazione costante; inserendo la sorgente di riserva o rompendo il vetro del quadrante, lo strumento riprende a funzionare, però le sue indicazioni sono maggiorate poichè la pressione esistente in cabina è inferiore a quella esterna. L'errore in simili condizioni può raggiungere un valore di 100 m.

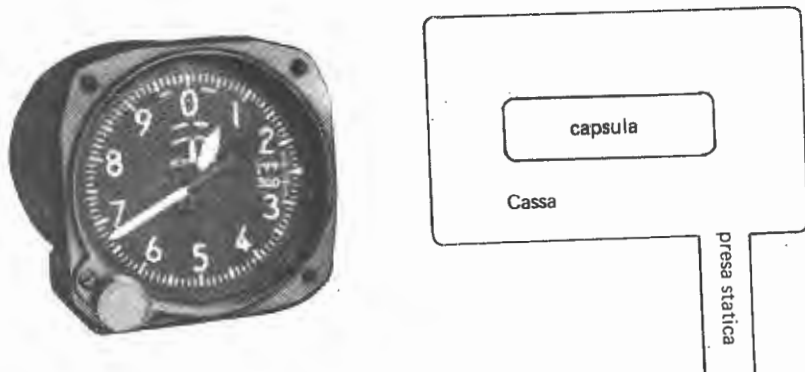



Fig. 39 - Altimetro e schema principio funzionamento dello strumento.

VARIOMETRO

E' lo strumento che indica la velocità verticale di salita e discesa dell'aereo, espressa in metri al secondo o in piedi al minuto. Nelle sue parti essenziali esso è costituito da una capsula barometrica collegata direttamente alla presa statica del Pitot, mediante un tubicino capillare, mentre la cassa dello strumento è collegata alla medesima sorgente con un condotto normale.

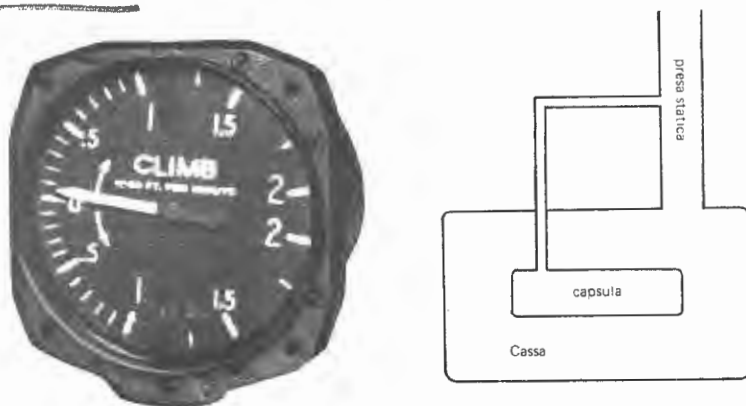



Fig. 40 - Variometro e schema principio funzionamento dello strumento.

Un termostato opportunamente disposto permette di mantenere costante la temperatura dell'aria sia nell'interno della cassa che nella **capsula**, in modo da impedire che variazioni di temperatura possano provocare indicazioni errate dello strumento.

Ogni qualvolta varia la quota di volo, la pressione corrispondente nella cassa dello strumento cambia istantaneamente, mentre la stessa variazione di pressione nell'interno della capsula avviene con un certo ritardo a causa della minima sezione del tubo. Pertanto si viene a creare così una differenza di pressione fra l'interno e l'esterno della capsula proporzionale alla velocità di salita e discesa che viene registrata dall'indice dello strumento. Naturalmente se si mantiene quota costante lo strumento indica velocità verticale **zero**.

ERRORI DEL VARIOMETRO

Lo strumento è un po' *tardo* nel denunciare le variazioni di quota, infatti, mettendo l'aereo in picchiata o cabrata, si noterà come lo strumento ritardi alcuni secondi nel denunciare i movimenti del velivolo.

Ghiaccio alla statica

Se i forellini della presa statica si otturano per formazioni di ghiaccio, l'indice del variometro si *azzera* qualunque sia l'assetto del velivolo. Inserendo la sorgente di riserva della statica oppure rompendo il vetro del quadrante, lo strumento riprende a funzionare regolarmente, poichè sia la pressione interna che quella esterna della capsula sono falsate nella stessa misura.

INDICATORE DI VELOCITA' (ANEMOMETRO)

E' costituito da una cassa a tenuta stagna raccordata con la presa statica del Pitot. In tale cassa si trova una capsula barometrica collegata alla presa dinamica del Pitot medesimo. Pertanto quando l'aereo vola, nella cassa dello strumento esiste la *pressione statica* mentre nella capsula agisce la *pressione d'impatto*. La differenza tra la pressione d'impatto e la pressione statica provoca delle deformazioni della capsula che vengono registrate dall'indice dello strumento, in corrispondenti valori di velocità.

ERRORI DELL'INDICATORE DI VELOCITA'

Le indicazioni dello strumento possono essere affette dai seguenti errori:

– Errore di *quota e temperatura, postazione, strumentale.*

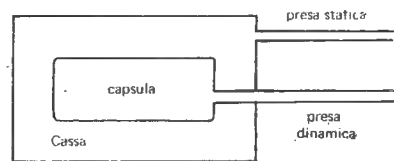



Fig. 41 - Indicatore di velocità e schema di funzionamento dello strumento

Errore di quota e temperatura

L'indicatore di velocità viene tarato in base alle pressioni dinamiche ottenute in un'aria la cui densità è quella corrispondente a quota *zero* dell'*aria tipo*. E' logico pertanto, che aumentando la quota di volo l'anemometro indichi una velocità inferiore a quella reale a causa della conseguente diminuita densità dell'aria. Quindi per conoscere l'effettiva velocità all'aria bisogna correggerla dell'errore di quota. Per una correzione approssimata si può considerare un valore pari al 5% della velocità indicata per ogni 1000 metri di quota. Gli errori di temperatura si possono trascurare, tranne i casi in cui si richiede una grande precisione. Ad ogni modo è intuitivo che in estate e nelle regioni tropicali, l'aeroplano è più veloce di quanto indica lo strumento; d'inverno e nelle regioni polari si verifica il contrario.

Errore strumentale

Tale errore è dovuto alla imprecisione della costruzione dello strumento.

Errore di postazione

Questo errore dipende dalla ubicazione del tubo Pitot e dalla inclinazione dello stesso rispetto alla direzione di moto del velivolo.

Formazione di ghiaccio al Pitot

Se si ottura completamente la presa dinamica, l'anemometro assume un funzionamento simile a quello dell'altimetro, perciò diventa inservibile.

Se si ottura la presa statica, basta inserire la sorgente di riserva oppure rompere il vetro del quadrante perchè lo strumento ritorni a funzionare, occorre però tener presente che fornisce indicazioni in eccesso (20 - 30 km in più).

GIROSCOPIO

Per *giroscopio* si intende una massa rotante (*rotore*) animata da rapido movimento attorno ad un suo asse di figura, e posta in sospensione cardanica in modo che il rotore possa assumere qualsiasi posizione nello spazio in equilibrio indifferente.

Il giroscopio, in dipendenza della sospensione cardanica, può essere:

– a *un grado di libertà*, se ruota solamente attorno al suo asse di figura;
– a *due gradi di libertà*, se ruota attorno al suo asse di figura ed attorno ad un secondo asse;
– a *tre gradi di libertà*, quando ruota attorno al suo asse di figura ed attorno ad altri due assi.

Il giroscopio possiede due proprietà fondamentali:

rigidità ad inerzia giroscopica
– *precessione giroscopica*

La *rigidità giroscopica* è la proprietà dell'asse del giroscopio tendente a mantenere inalterata la sua direzione rimanendo in tal modo puntato costantemente nello stesso punto dello spazio.

La *precessione* è la reazione di un giroscopio a qualsiasi forza che tenda a variare la direzione del suo asse. Tale precessione fa deviare l'asse di rotazione in una direzione perpendicolare alla forza applicata.

Una trottola in rapida rotazione si comporta come un giroscopio; essa infatti, fin quando gira rimane diritta, mantenendo costantemente

puntato l'asse di rotazione nello stesso punto dello spazio, apparentemente incurante delle leggi di gravità (peso) che tendono a farla cadere. Questo comportamento della trottola illustra la proprietà della *rigidità giroscopica.*

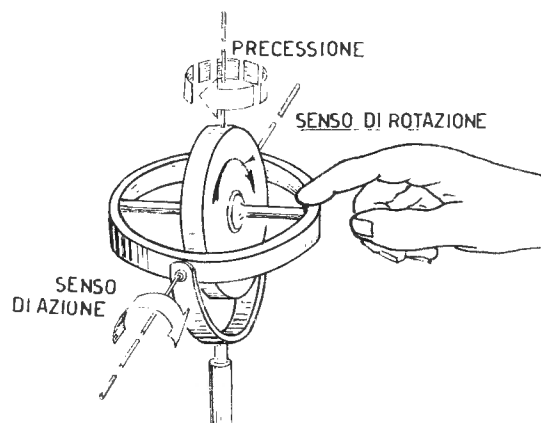



Fig. 42 - Giroscopio

La *precessione giroscopica* può essere spiegata con l'esempio di un ciclista che può variare la direzione del suo moto senza usare il manubrio. Infatti, se egli si inclina verso destra, applica una forza in tal senso alla sommità di ciascuna ruota; siccome tale forza non fa risentire il suo effetto sulla sommità delle ruote ma a 90° dal punto di applicazione nella direzione di rotazione, e poichè la ruota anteriore può girare intorno al suo asse verticale, la bicicletta anzichè ribaltarsi gira verso destra.

STRUMENTI GIROSCOPICI

Gli strumenti giroscopici di comune impiego sui velivoli sono:

- **Indicatore di virata**
- **Orizzonte artificiale**
- **Direzionale**

I rotori di detti strumenti possono funzionare a depressione creata da una presa d'aria collegata al tubo Venturi o per mezzo di una pompa azionata dal motore, oppure con una sorgente elettrica.

INDICATORE DI VIRATA

E' lo strumento che indica la velocità angolare con cui si cambia direzione; il suo funzionamento è basato sul principio della precessione di un giroscopio a due gradi di libertà il cui rotore, ad asse orizzontale, ruota a 8/10 mila giri al minuto. Quando l'aeroplano vira, l'asse giroscopico s'inclina nel piano trasversale; tali spostamenti vengono trasmessi mediante un sistema di leve ad un indice a forma di paletta che, su un opportuno quadrante, denuncia il senso della virata.

All'indicatore di virata è normalmente accoppiato lo **sbandometro**, costituito da una livelletta ad arco riempita a liquido trasparente e contenente una sferetta metallica. Lo sbandometro serve ad indicare al pilota se il velivolo *scivola* o *derapa*, sia in virata che in volo rettilineo orizzontale. Ciò è rilevato dalla posizione fuori centro della pallina.

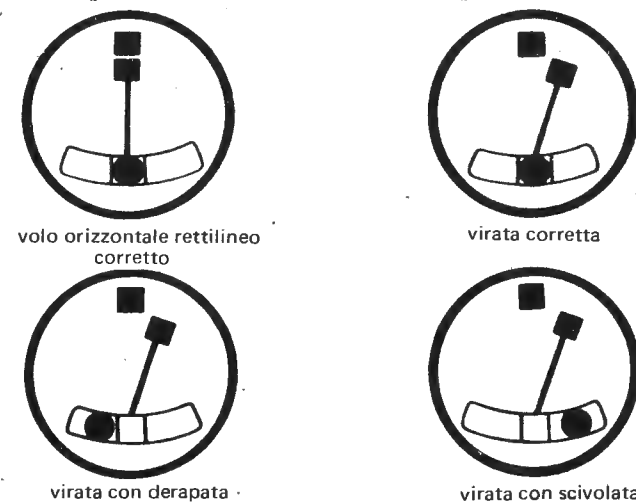



Fig. 43 - Virosbandometro

ORIZZONTE ARTIFICIALE

Indica l'assetto longitudinale e trasversale del velivolo. Il funzionamento dello strumento è basato sul principio della stabilità di un giroscopio, il cui rotore, ad asse verticale a tre gradi di libertà, compie 15/20 mila giri al minuto.

Quando il velivolo s'inclina lateralmente, o cabra o picchia, una sagomina d'aeroplano solidale con la cassa dello strumento e quindi con l'aeromobile stesso, indica tali movimenti rispetto ad una sbarra che collegata al giroscopio rappresenta l'orizzonte. Il valore dell'inclinazione laterale viene indicato da un indice che scorre sulla graduazione tracciata sulla semicirconferenza superiore del quadrante dello strumento. L'angolo di cabrata e picchiata è indicato dalla posizione relativa della sagomina del-

l'aeroplano, rispetto alla sbarra dell'orizzonte; in assetto cabrato la sagomina si troverà al di sopra della sbarra, in assetto picchiato al di sotto. I limiti di funzionamento dello strumento sono 110° di inclinazione laterale e 70° per gli assetti di cabrata e picchiata.

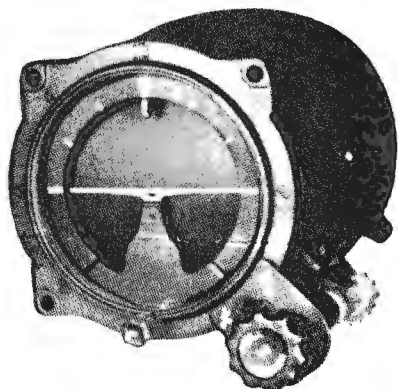



Fig. 44 - Orizzonte artificiale

L'orizzonte artificiale è provvisto di due bottoni: uno di regolazione della sagomina e l'altro di bloccaggio del giroscopio.

Prima di eseguire manovre acrobatiche è necessario bloccare il giroscopio, altrimenti gli urti dei telai contro i fermi provocherebbero un rapido deterioramento dello strumento.

DIREZIONALE

E' uno strumento il cui funzionamento è basato sulle proprietà di un giroscopio a tre gradi di libertà il cui rotore, ad asse orizzontale, compie 15/20 mila giri al minuto. Esso, a differenza dell'indicatore di virata e dell'orizzonte artificiale, anzichè sfruttare il fenomeno della *precessione*, sfrutta il fenomeno della *rigidità giroscopica.*

Una corona circolare graduata da 0° a 360° è montata orizzontalmente intorno al giroscopio; una parte di tale corona è visibile sul quadrante dello strumento. Quando il velivolo vira, il giroscopio mantiene inalterato il suo piano di rotazione nello spazio, mentre la *linea di fede* solidale con la cassa dello strumento, e quindi col velivolo, ruota attorno alla corona.

Fig. 45 - Direzionale

Il direzionale permette di misurare l'angolo di accostata e serve anche come indicatore di direzione in ausilio alla bussola perchè di più facile uso e lettura. Per mezzo di un bottone il pilota può orientare a suo piacimento i valori della corona graduata rispetto alla linea di fede, perciò quando si fa coincidere su tale linea di fede il valore indicato dalla bussola, si ha il vantaggio di leggere sul direzionale la prua stabilizzata, sia in atmosfera turbolenta che durante le accelerazioni e decelerazioni.

Lo strumento presenta però un inconveniente: essendo un indicatore di direzione rispetto allo spazio e non rispetto alla terra, risente degli effetti di rotazione della terra stessa (errore di precessione), oltrechè degli attriti propri dello strumento. Di tanto in tanto perciò lo si deve regolare sul valore indicato dalla bussola, il che va fatto ogni 15-20 minuti.

I limiti di funzionamento dello strumento sono 55° di inclinazione laterale e 55° per l'assetto di cabrata o picchiata.

BUSSOLA MAGNETICA

La bussola magnetica è lo strumento classico ed indispensabile per la navigazione.

Essa permette di determinare l'angolo formato tra la direzione del nord magnetico e la direzione dell'asse longitudinale del velivolo. Consiste in un *equipaggio magnetico* costituito da un sistema di più aghi magnetici disposti su uno stesso piano, paralleli e simmetrici rispetto all'asse immaginario del sistema stesso, attorno a cui è fissata una corona circolare graduata da 0° a 360°.

Tale complesso è appoggiato ad un perno di sospensione che è fissato al fondo della cassa (o mortaio) dello strumento. La cassa è a tenuta stagna ed è riempita di un opportuno liquido anticongelante che ha lo scopo di ammortizzare le oscillazioni dell'equipaggio magnetico. I valori della bussola vengono letti in corrispondenza di una *linea di fede* tracciata sulla faccia trasparente dello strumento. La linea di fede deve coincidere od essere parallela all'asse longitudinale del velivolo.

Fig. 46 - Bussola magnetica

Errori della bussola in volo

Nelle virate nell'emisfero settentrionale quando la prua è nel settore *Nord* le indicazioni della bussola si presentano sulla linea di fede con un certo ritardo rispetto alle prue effettive indicando in un primo tempo una virata in direzione opposta. Quando invece la prua è nel settore *Sud* le indicazioni precedono le prue effettive, cioè la bussola indica un valore di virata maggiore di quello reale.

Sulle prue *Est* ed *Ovest*, nessun errore palese.

Quando le virate terminano su prue intorno a *Nord*, bisogna arrestarle prima che la bussola indichi la prua stabilita (30° circa); quando le virate terminano su prue intorno a *Sud*, bisogna arrestarle dopo che la bussola abbia indicato la prua stabilita (20° circa).

Quando le virate terminano per prue *Est-Ovest*, provenienza *Nord*, arrestarle 10° *prima, se la provenienza è da Sud* arrestarle 5° prima. Alle latitudini meridionali si verificano effetti opposti a quelli descritti.

Errori di accelerazione e decelerazione

Le variazioni di velocità, dipendenti da variazioni di potenza o da cabrate e picchiate, causano per prue *Est* ed *Ovest* indicazioni deviate della bussola, mentre per prue *Nord* e *Sud*, le accelerazioni e le decelerazioni non producono alcun errore.

Errori di trascinamento

Quando l'aeroplano vira, la cassa della bussola gira attorno alla corona circolare graduata. Il liquido contenuto nella cassa stessa partecipa a questo movimento e lo trasmette alla rosa graduata che è costretta a girare dalla stessa parte della virata causando così delle indicazioni errate.

Gli errori di trascinamento non sono rilevanti però sono sempre presenti, e diventano notevoli nelle virate continue eseguite nello stesso senso.

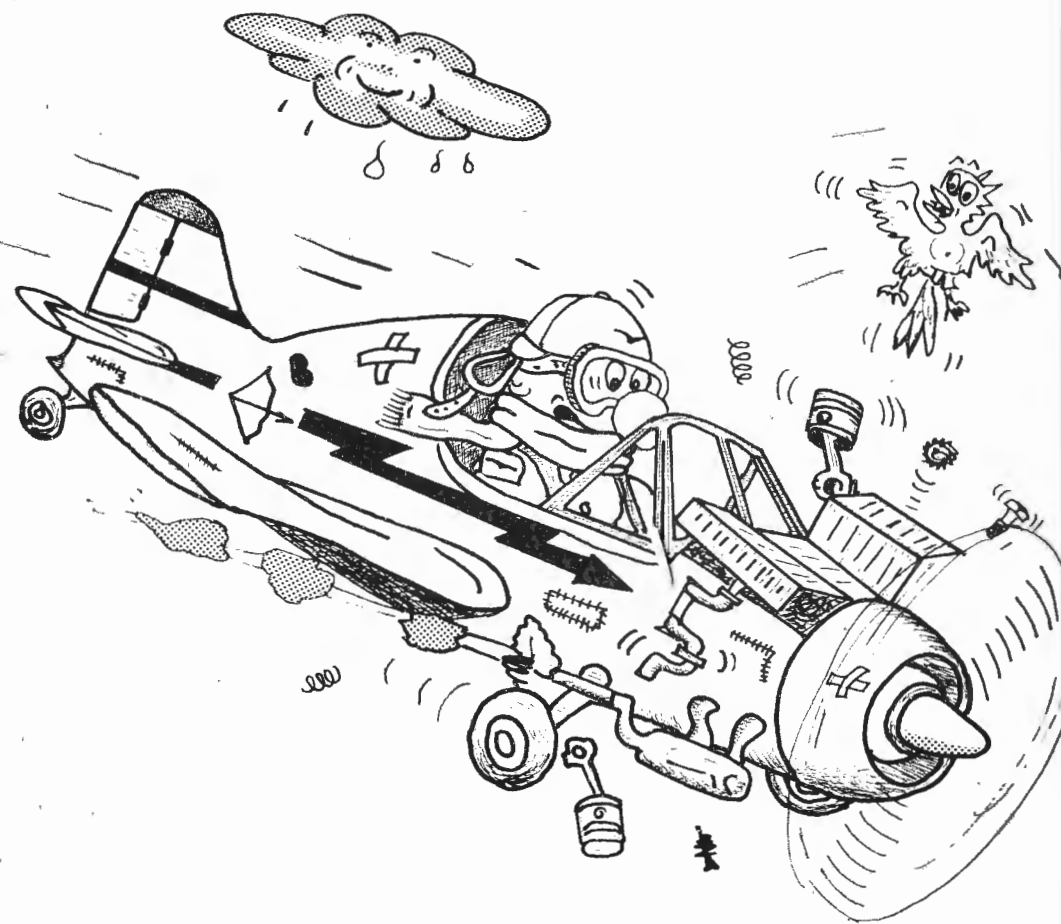
Lettura della bussola

Risulta chiaro da quanto esposto che le indicazioni della bussola sono attendibili, soltanto quando l'aeroplano è in volo rettilineo e orizzontale, a velocità costante ed in aria relativamente calma. In condizioni di forte turbolenza, il pilota per avere un grossolano riferimento di direzione è costretto ad interpretare la media delle indicazioni della bussola.

Queste difficoltà vengono superate mediante l'impiego del *direzionale* perchè la corona graduata di questo strumento è stabilizzata da un giroscopio.

Il pilota infatti, con questo strumento, può fare virate precise ed arrestarle su una prua stabilita e mantenere ferma la prua anche durante le accelerazioni ed in aria turbolenta.

N.B. — Per altre notizie riguardanti la bussola, vedi:
"Nozioni di navigazione aerea".

MOTORI

NOZIONI FONDAMENTALI SUI MOTORI

I motori normalmente usati in aviazione si distinguono nei seguenti tre gruppi:

- **Motori a scoppio**
- **Turboreattori**
- **Turboelica**

MOTORI A SCOPPIO

I moderni motori d'aviazione a scoppio possono essere a *carburazione*, (carburatore classico a galleggiante) per piccole potenze, o ad *iniezione* (carburatore ad iniezione e pompe ad iniezione) per potenze maggiori.

Il sistema di alimentazione per iniezione rispetto a quello normale offre i seguenti vantaggi:

- eliminazione della formazione di ghiaccio al carburatore;
- assicurazione di un efflusso del carburante in tutte le condizioni di volo;
- raggiungimento di un più alto rapporto di compressione;
- minori consumi specifici, in quanto è possibile ottenere una migliore dosatura della miscela al variare della quota e dei regimi di funzionamento.

I motori a scoppio, in base alla disposizione dei cilindri, si suddividono in:

- **Motori con cilindri in linea**
- **Motori a stella** (in continuo disuso)

COSTITUZIONE DEL MOTORE A SCOPPIO

Il motore a scoppio, ridotto alla sua più semplice espressione, è fondamentalmente costituito da un *cilindro* in cui avviene la combustione della miscela composta da aria e benzina vaporizzata, da cui prende origine la forza motrice.

Nel cilindro scorre con moto alternativo lo *stantuffo* (o pistone) costruito in lega leggera a base di alluminio. Esso ha un diametro di alcuni centesimi di millimetro inferiore a quello del cilindro affinchè

possa liberamente dilatarsi in seguito alle altissime temperature di scoppio a cui è esposto. La perfetta tenuta d'aria del pistone è garantita dalle *fasce elastiche* (o segmenti) alloggiate in apposite scanalature ricavate nel pistone stesso.

Il pistone è articolato mediante uno *spinotto* alla *biella*, che è a sua volta imperniata alla *manovella* dell'albero motore. In definitiva la corsa alternativa dello stantuffo, mediante il sistema *biella-manovella*, viene trasformata in movimento di rotazione dell'albero motore, che è quello che si utilizza per far girare l'elica. La parte superiore del cilindro, *testata*, che è generalmente in lega speciale di alluminio, viene avvitata a caldo sulla canna del cilindro stesso. Essa contiene la *camera di scoppio*, e le sedi per la *valvola di scarico* e per la *valvola di aspirazione*. Sempre nella testata, si trovano inoltre gli alloggiamenti per le *candele*, che producono la scintilla destinata a far esplodere la miscela.

La corrente necessaria è fornita dal *magnete*, che è uno speciale generatore di energia elettrica.

Il *carburatore* provvede alla formazione della miscela di aria e combustibile nelle giuste proporzioni.

Altre parti integranti del motore sono:

Il *basamento* che serve di base ai cilindri e di supporto. L'*albero motore* (o albero a manovelle); gli *organi della distribuzione*, per il comando di apertura e chiusura delle valvole di aspirazione e scarico; i dispositivi di *lubrificazione e raffreddamento*; un eventuale *compressore*, se il motore è sovralimentato; un *riduttore*, per diminuire, in alcuni casi, i giri dell'elica rispetto a quelli dell'albero motore.

Riassumendo, gli organi principali ed essenziali costituenti un motore sono:

1) Basamento
2) Cilindro
3) Stantuffo o pistone
4) Biella
5) Albero motore
6) Valvole di aspirazione e di scarico
7) Dispositivi comando valvole (albero a camme, bilancieri, punterie, ecc.).
8) Magnete e candele di accensione
9) Dispositivo di lubrificazione
10) Carburatore

11) Compressore
12) Riduttore dei giri d'elica
13) Comandi e dispositivi ausiliari di avviamento

Le voci di cui ai punti 11 - 12 e 13 sono organi speciali che sono applicati solo su determinati motori.

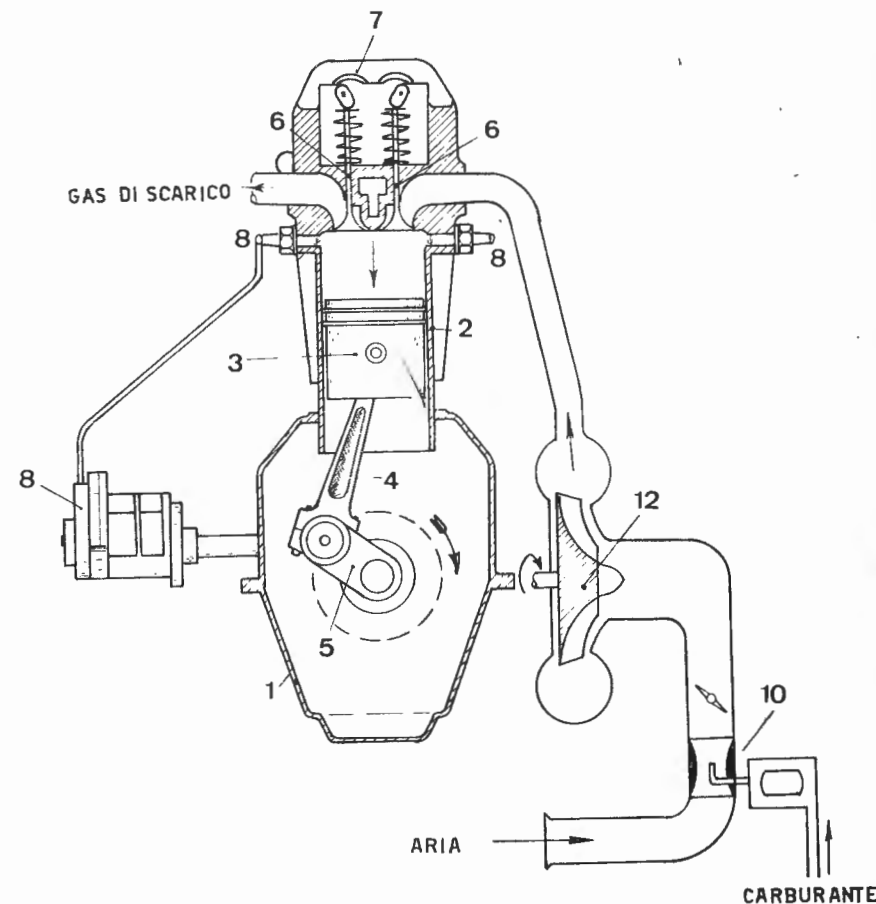



Fig. 47

FUNZIONAMENTO DEL MOTORE

Prima di esaminare il funzionamento del motore premettiamo le seguenti definizioni *meccanico-geometriche*:

– Quando il pistone si trova nel punto più vicino alla testata, si dice *al punto morto superiore* (P.M.S.), quando è in quello più lontano si dice *al punto morto inferiore* (P.M.I.).

– *Corsa* è lo spazio percorso dal pistone, compreso fra i due suddetti punti; viene indicato dalla lettera *C*. Si dice che un pistone ha "corsa quadra" quando la sua corsa è uguale all'alesaggio.

– *Alesaggio* è il diametro del cilindro ed è indicato dalla lettera *D*.

– *Cilindrata* è il volume che genera il pistone durante una intera corsa, spostandosi cioè dal P.M.S. al P.M.I.; essa può essere espressa nella seguente formula:

$$V = \frac{\pi D^2 C}{4} \quad ; \quad \text{essendo} \quad \frac{\pi}{4} = 0{,}785$$

Si avrà: $V = 0{,}785 \times D^2 \times C$. Se *D* e *C* vengono espressi in decimetri, la cilindrata risulta espressa in litri. Se invece *D* e *C* vengono espressi in centimetri, allora la cilindrata risulterà espressa in centimetri cubici (C.C.).

– *Cilindrata totale* è il volume *V* moltiplicato per il numero dei cilindri del motore.

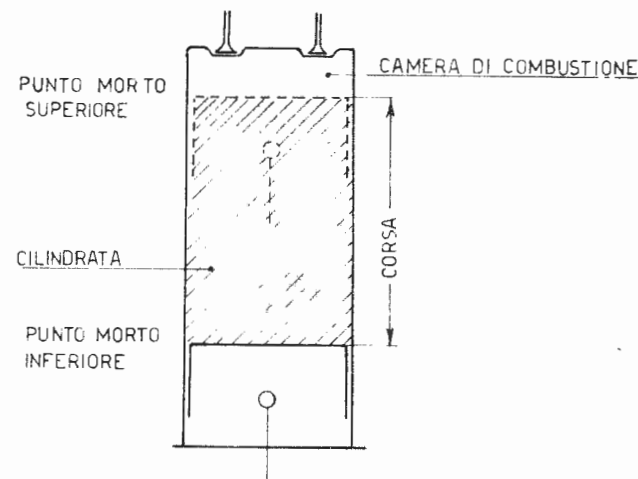
– *Camera di scoppio* (o di combustione) è lo spazio compreso tra il fondo della testata del cilindro ed il pistone quando si trova al punto morto superiore.

– *Rapporto geometrico di compressione* è il rapporto esistente fra il volume del cilindro ed il volume della camera di scoppio:

$$P = \frac{V + v}{v}$$

Come risulta dalla predetta formula, è intuitivo che per volume del cilindro s'intende la cilindrata *V* più il volume della camera di scoppio *v*.

Tale rapporto rappresenta una delle caratteristiche fondamentali del motore. Nei moderni motori d'aviazione il rapporto di compressione

è normalmente compreso fra 7,5÷8,5, in quelli spinti può assumere valori anche maggiori, purchè si usino carburanti speciali.

CICLI E FASI DEL MOTORE A SCOPPIO

Il motore a scoppio è una macchina termica che trasforma l'energia calorifica sviluppata dalla combustione di un combustibile, in energia meccanica.

Nell'interno del cilindro del motore si succedono delle fasi che si ripetono sempre con lo stesso ordine e costituiscono il ciclo, in relazione al quale i motori si suddividono in:

– **motori a quattro tempi;**
– **motori a due tempi.**

Nei motori a quattro tempi un ciclo completo è composto di quattro fasi corrispondenti a quattro corse dello stantuffo ed a due giri dell'albero motore.

Nei motori a due tempi le fasi di un ciclo completo sono solamente due e si compiono in due corse dello stantuffo e quindi in un solo giro dell'albero motore.

I motori d'aviazione in genere sono del tipo a quattro tempi, che

si identificano con le seguenti quattro fasi:

- 1ª fase di aspirazione
- 2ª fase di compressione
- 3ª fase di scoppio - espansione
- 4ª fase di scarico

Nella *fase di aspirazione* il pistone si sposta dall'alto verso il basso, cioè dal P.M.S. verso il P.M.I., provocando una depressione nel cilindro, per cui la miscela carburata viene aspirata attraverso la valvola di ammissione.

Nella *fase di compressione*, il pistone ritorna in su, e poichè le valvole sono chiuse, comprime la miscela gassosa. Durante la compressione la miscela, oltre che aumentare di pressione, aumenta anche di temperatura (390°-400°C).

Nella *fase di scoppio - espansione*, la miscela compressa viene incendiata dalla scintilla provocata dalla candela; la combustione della miscela che avviene in un tempo brevissimo (circa 1,5/1000 di secondo) determina un aumento di pressione che obbliga il pistone a discendere velocemente. Durante tale fase le valvole di ammissione e scarico rimangono chiuse. Alla fine della fase stessa, teoricamente la pressione e la temperatura dei gas sono rispettivamente di 4÷4,5 kg/cm² e 900°C.

Nella *fase di scarico*, il pistone ritorna in su ed i gas combusti vengono espulsi attraverso la valvola di scarico che rimane aperta sino a quando non si è completata la corsa di salita.

Delle predette quattro fasi l'unica fase "utile" del ciclo è quella di *scoppio - espansione*, che si verifica ogni due giri dell'albero motore. Pertanto, un motore ad un solo cilindro ha un funzionamento irregolare, cui si ovvia con l'adozione di un *volano*, che viene calettato sull'albero motore e che serve per immagazzinare energia durante la corsa motrice e restituirla nelle altre tre corse passive. Per ottenere una maggiore regolarità, occorre moltiplicare il numero dei cilindri in modo da alternare convenientemente le rispettive fasi motrici.

Infatti, con un motore a quattro cilindri si può ottenere lo scoppio da parte di ciascuno di essi ad ogni mezzo giro dell'albero motore, anzichè ogni due giri del medesimo. Occorre naturalmente che le manovelle siano in due coppie a 180° l'una rispetto all'altra, e che i due cilindri corrispondenti a ciascuna coppia siano uno in fase di espansione e l'altro di aspirazione, oppure uno in fase di compressione e l'altro di scarico.

Maggiore uniformità si ottiene con 6 cilindri, e più ancora con 8, 12, 24, purchè la successione degli scoppi sia ben regolata. Nei motori a stella singola, il numero dei cilindri deve essere sempre dispari (5, 7, 9), conseguentemente in quelli a doppia stella il numero dei cilindri risulterà sempre pari.

Nei motori d'aviazione il volano è soppresso, perchè l'elevato numero dei cilindri e la presenza dell'elica, che si comporta da volano, contribuiscono a contenere entro limiti tollerabili il regolare funzionamento del motore.

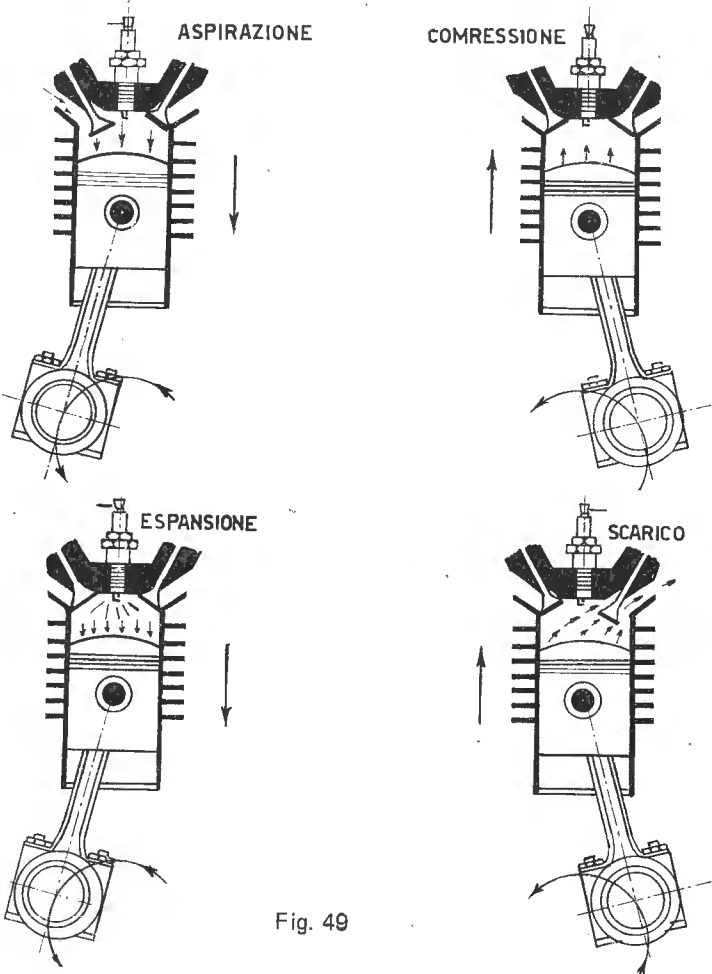



Fig. 49

TEMPI DI APERTURA E CHIUSURA DELLE VALVOLE ANTICIPO ALL'ACCENSIONE

Innanzi tutto, si premette che l'*albero della distribuzione* (o albero a camme) che comanda l'apertura delle valvole, compie la metà dei giri dell'albero motore, cosicchè ogni valvola si apre una volta sola durante ogni ciclo, ossia ogni due giri della manovella.

A causa della elevata velocità di rotazione dei motori a scoppio, le valvole rimangono aperte per pochissimo tempo, per cui, al fine di aspirare la massima quantità di miscela e di espellere la maggior quantità di gas combusti, le valvole si fanno aprire un po' prima e chiudere un poco più tardi rispetto alla posizione riferita ai P.M.S. e P.M.I. Infatti, la valvola di ammissione, che rimane aperta durante la fase di aspirazione, non si chiude quando lo stantuffo raggiunge il P.M.I., ma ciò avviene quando il pistone ha già iniziato la corsa di ritorno; questo notevole ritardo favorisce l'ingresso di una maggiore quantità di miscela.

L'apertura della valvola di scarico non coincide con la fine della corsa di espansione, ma avviene prima che il pistone abbia raggiunto il P.M.I.; tale anticipo favorisce il movimento di retrocessione del pistone, in quanto ristabilisce l'equilibrio di pressione nell'interno del cilindro.

La chiusura di detta valvola avviene poi, dopo che il pistone ha lasciato il P.M.S., quando cioè sta per iniziare la prima fase del nuovo ciclo. Questo piccolo ritardo contribuisce ad un più completo svuotamento della camera di combustione.

In alcuni tipi di motori veloci, se verso la fine della fase di scarico la valvola di aspirazione viene aperta con anticipo, si ha la cosiddetta *copertura di fase* (o angolo di copertura), ossia un momento in cui sono contemporaneamente aperte sia la valvola di scarico sia quella di ammissione. Questo accavallamento di fasi potrebbe sembrare dare luogo ad un funzionamento irregolare del motore, invece risulta vantaggioso perchè la ridotta pressione dei gas di scarico facilita l'ingresso nel cilindro della miscela fresca.

La regolazione della distribuzione delle fasi, anticipi e ritardi di apertura e chiusura delle valvole, è espressa in gradi, e si usa rappresentarlo graficamente mediante un diagramma come quello indicato in fig. 50, nel quale gli istanti in cui iniziano ad aprirsi le valvole e quelli nei quali le medesime si chiudono sono indicati facendo riferimento alla posizione

dello stantuffo rispetto ai punti morti.

Normalmente la distribuzione si regola sui seguenti valori:

Aspirazione	**Scarico**
anticipo di apertura 12°	anticipo di apertura 60°
ritardo di chiusura 55°	ritardo di chiusura 10°

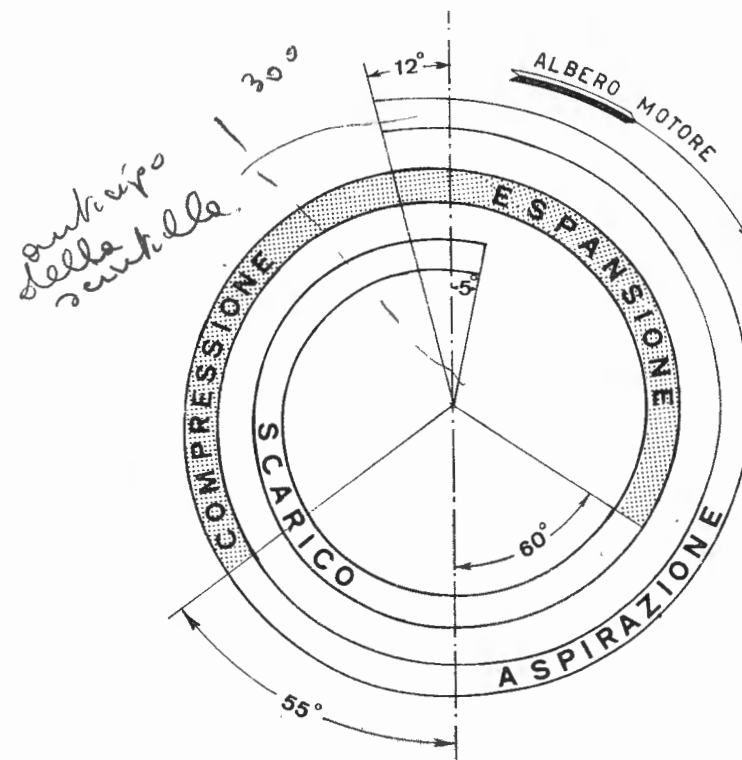



Fig. 50 - Diagramma della distribuzione

ANTICIPO DELL'ACCENSIONE

Al termine della fase di compressione dovrebbe avvenire l'accensione, ma siccome la combustione completa della miscela non può avvenire istantaneamente, si rende quindi necessario che la scintilla alle candele scocchi con un certo anticipo, prima cioè che il pistone arrivi al P.M.S., in modo che quando la miscela è tutta bruciata il pistone stesso si trovi

in corrispondenza del P.M.S. al fine di poter ricevere il massimo impulso.

Tale anticipo è direttamente proporzionale al numero dei giri del motore, normalmente esso si aggira sui 20° ÷ 30° della circonferenza descritta dall'albero a manovella.

POTENZA DEL MOTORE A SCOPPIO

Per potenza s'intende il lavoro compiuto nell'unità di tempo. La potenza di un motore si esprime in *Cavalli vapore* (H.P.). Un H.P. equivale a 75 chilogrammetri al secondo, energia occorrente per sollevare il peso di 75 kg all'altezza di un metro, in un secondo.

Per accrescere la potenza di un motore si può ricorrere ai seguenti mezzi: aumentare il numero dei cilindri che per il momento non va oltre i 18 od i 24; aumentare la cilindrata di ciascun cilindro, ciò che si ottiene maggiorando il diametro, il quale tuttavia si tiene al di sotto dei 200 mm, oppure aumentare la corsa, che a sua volta si tiene un po' superiore o uguale al diametro; aumentare il numero dei giri; aumentare il rapporto di compressione.

REQUISITI SPECIFICI DEI MOTORI D'AVIAZIONE

I motori d'aviazione debbono possedere requisiti specifici che li distinguono da quelli usati per altri impieghi.

Il principale requisito è la *leggerezza* in rapporto alla potenza sviluppata, fermo restando, naturalmente, le altre doti di robustezza, sicurezza di funzionamento, economicità di consumo, ecc. Altro importante requisito è il minimo *ingombro frontale*, per ridurre la resistenza all'avanzamento. Pertanto, per raggiungere il minor peso ed il minor ingombro si devono impiegare materiali sceltissimi e si deve studiare accuratamente la forma, dimensione e disposizione di ciascun organo.

Il rapporto peso-potenza nei moderni motori è, normalmente, di kg 0,700 per H.P.

MOTORI SOVRALIMENTATI

Come si è detto, il motore a scoppio è alimentato da una miscela composta di aria e benzina. Le proporzioni di tale miscela (*rapporto stechiometrico*) sono: una parte (*in peso*) di benzina e 15 parti di aria. Poichè la potenza sviluppata da un motore dipende dal peso di miscela

1 : 15 = rapp. stechiometrico

bruciata nei cilindri, si verifica quindi che, in un motore normale, la sua potenza decresce man mano che sale in quota, in quanto diminuendo la pressione atmosferica, diminuisce conseguentemente il peso della quantità d'aria e quindi di miscela che viene immessa nei cilindri. Pertanto, in quota, la quantità di benzina viene allora a risultare in eccesso rispetto alla quantità d'aria *(miscela ricca)*.

Per ristabilire le giuste proporzioni si agisce sul correttore di miscela che fa diminuire opportunamente la quantità di benzina in eccesso.

Il decrescere della potenza con l'aumento della quota, segue approssimativamente la stessa legge di diminuzione della pressione atmosferica. Infatti, a 5500 m, dove la pressione atmosferica è metà di quella al livello del mare, la potenza di un motore è conseguentemente dimezzata.

Per ovviare a tale inconveniente, si è adottata la *sovralimentazione*, consistente nella forzata alimentazione dei cilindri. Ossia la miscela, invece di essere naturalmente aspirata dalla depressione che il pistone genera nella fase di ammissione, viene immessa a forza nei cilindri ad una determinata pressione.

Tale pressione è creata da un *compressore*, che provvede a comprimere l'aria oppure la miscela, portandole al voluto grado di pressione.

In tal modo è possibile conservare una pressione di alimentazione costante fino ad una certa quota, denominata *quota di ristabilimento*, uguale a quella normale di quota zero. Al di sopra della quota di ristabilimento, la pressione di alimentazione diminuisce come nel caso di un motore normale.

Si precisa inoltre, che i motori in questione sono muniti di uno speciale congegno automatico, *limitatore di pressione di alimentazione*, basato sul funzionamento di una capsula barometrica, che regola l'apertura della valvola a farfalla, al fine di evitare l'eccessivo incremento della pressione di alimentazione che si verificherebbe al di sotto della suddetta quota di ristabilimento.

Il compressore più in uso è quello *centrifugo*, costituito da una ventola che ruota ad altissima velocità. L'aria o la miscela gassosa che affluiscono nella cassa dove è racchiusa la ventola, vengono violentemente centrifugate e costrette verso un collettore in vui vengono fortemente compresse, dopo di che passano nei cilindri. La ventola è azionata dal motore stesso mediante un sistema di ingranaggi con adatto rapporto di moltiplicazione, in genere da 8 a 16.

Per poter conservare la potenza fino a quote molto elevate si ricorre a compressori a due rapporti di velocità, installati in serie; il cambio di rapporto lo si fa alla quota ove l'aria è così rarefatta che il primo compressore non riesce più a portarla al grado di densità voluto.

Se il carburatore è installato prima del compressore, questo comprime miscela carburata. Tale sistemazione, detta *carburatore in aspirazione*, è generalmente adottata nei motori a stella che per ragioni di ingombro e costruttive non si prestano ad avere il carburatore dopo il compressore.

Nei motori aventi i cilindri in linea disposti a "V" oppure a doppio "V", il compressore è installato prima del carburatore. Con tale sistemazione, detta *carburatore soffiato*, il compressore aspira e comprime aria pura.

RIDUTTORE GIRI ELICA

L'esperienza ha dimostrato che per avere un buon rendimento dell'elica, la velocità periferica dell'estremità delle pale non deve superare i 260 m/sec. *(velocità del suono 330 m/sec.)*. Per diminuire tale velocità si può aumentare il numero delle pale dell'elica o ridurre il raggio delle pale stesse in relazione alla potenza del motore, al numero dei giri dell'elica e della velocità del velivolo.

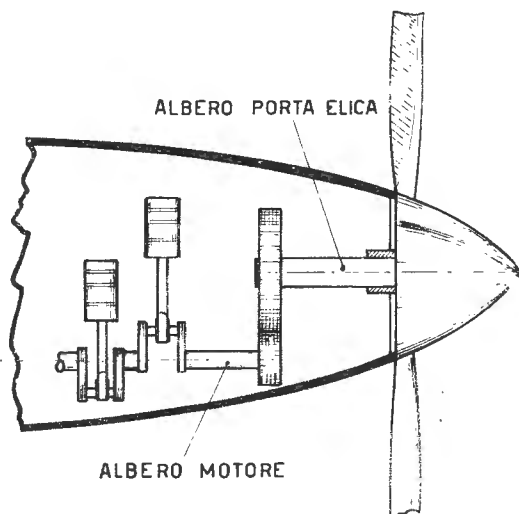



Fig. 51 - Riduttore giri elica

leggiante pescante nella vaschetta, per cui, quando il livello della benzina nella vaschetta tende a salire, perchè il consumo di carburante è minore, sale anche il galleggiante e mediante dei contrappesi a leva fa chiudere la valvola a spillo.

Se il livello del carburante nella vaschetta tende a scendere, perchè il consumo di carburante è maggiore, il galleggiante scendendo apre la valvola a spillo. Il suddetto carburatore schematizzato tende però a dare miscela *ricca* (eccesso di benzina) ad alti regimi e miscela *povera* (eccesso d'aria) a bassi regimi. Pertanto, al fine di mantenere sostanzialmente costante la composizione della miscela a qualsiasi regime, i moderni carburatori sono muniti di getti secondari che hanno lo scopo di aumentare o ridurre la quantità di benzina che deve comporre il giusto *titolo della miscela.* Inoltre, bisogna tener presente che per mantenere il giusto titolo della miscela al variare della quota, occorre agire sul *correttore di quota* o di miscela, di cui si parla in modo particolareggiato al termine del presente capitolo. (vedi: Norme generali sulla condotta dei motori).

Fig. 52 - Carburatore

Getto del minimo

Quando si effettua la messa in moto, ed anche quando il motore gira al minimo, la valvola a farfalla è quasi completamente chiusa, per cui la depressione esistente nel diffusore è insufficiente per aspirare la benzina necessaria dal getto principale, cosicchè entra in funzione un altro getto ausiliario, detto del *minimo*, che eroga benzina a valle della farfalla, punto in cui, come si può vedere in figura, si crea una depressione sufficiente da permettere l'entrata in funzione di detto getto (fig. 52). E' ovvio che lo spruzzatore in parola cessa di funzionare quando la valvola a farfalla viene aperta.

Pompa di accelerazione

Quando si dà manetta rapidamente si ha un impoverimento temporaneo della miscela.

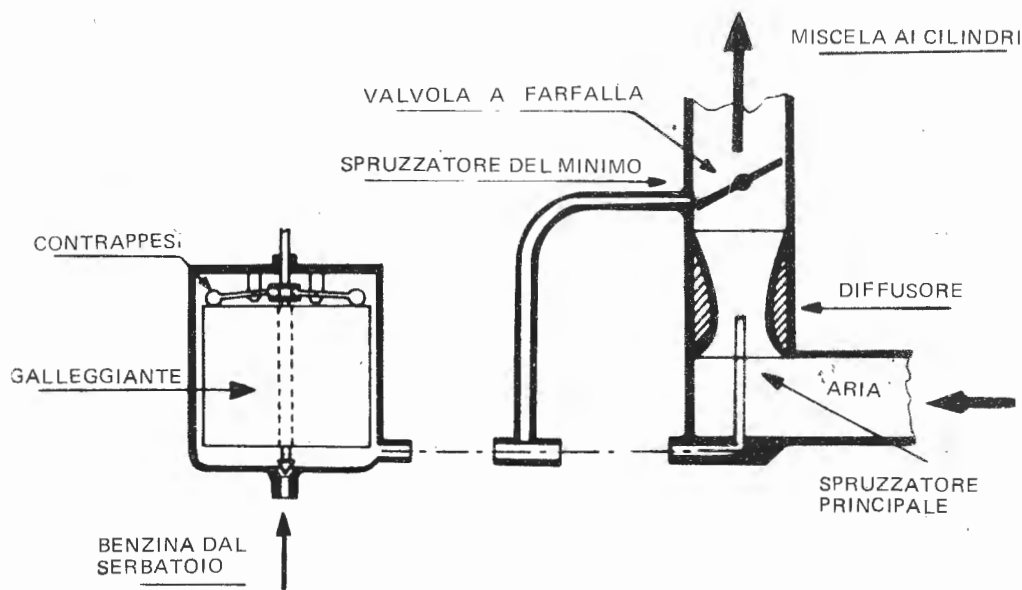
Onde impedire che in tali circostanze si verifichi un improvviso arresto del motore per eccessivo impoverimento, il carburatore è dotato di una speciale *pompetta di accelerazione*, il cui pistoncino è collegato meccanicamente alla manetta ed inietta una piccola quantità supplementare di carburante nei condotti aumentando la ricchezza della miscela.

TIPI DI CARBURATORE

Esistono tre tipi principali di organi per effettuare la carburazione:

- carburatori a galleggiante;
- carburatori ad iniezione;
- pompe ad iniezione.

I carburatori a galleggiante si distinguono in: *semplici*, aventi una sola vaschetta, un solo diffusore ed un'unica valvola a farfalla; *doppi*, aventi una sola vaschetta che alimenta però due corpi di carburatore, provvisti ciascuno di getto spruzzatore, diffusore e valvola a farfalla; *a tenuta*, muniti di speciali dispositivi tali da consentire l'alimentazione del motore in volo rovescio.

Carburatori ad iniezione: in questi carburatori non esiste la vaschetta con il meccanismo galleggiante. Una normale pompa a benzina invia il

O. = è la quantità % di isottano contenu-
in una miscela di eptano-isottano che posse-
una resistenza alla detonazione pari alla
iscela considerata.

.F.R. = motore nel quale si può variare il
pporto di compressione.

Potere calorifico: da 10.500 a 11.000 Calorie per kg.

Volatilità: l'attitudine a vaporizzare completamente entro dati limiti di temperatura (dai 40° ai 165°C).

– *Punto di congelamento:* che deve essere inferiore ai 60° sotto zero.

– *Potere antidetonante.*

POTERE ANTIDETONANTE (numero di ottano)

E' uno degli elementi più importanti nella valutazione della qualità delle benzine, e si caratterizza con un indice, detto *numero di ottano* (N.O.). Esso rappresenta la percentuale di *"isottano"* contenuta in una miscela combustibile di riferimento costituita da *isottano* (ottimo antidetonante) e da *eptano* (fortissimo detonante). Per determinare il N.O. di un carburante si usa uno speciale motore "standard" monocilindro che permette di variare gradualmente il rapporto di compressione durante il funzionamento. Una volta stabilito a quale valore di rapporto di compressione il carburante in esame detona nel motore in parola, con successive prove si trova poi la miscela di isottano ed eptano che detona allo stesso valore di rapporto di compressione. Essendo convenzionalmente assegnato all'isottano N.O. 100, ed all'eptano N.O. zero, è intuitivo che, per esempio, una benzina avente la medesima intensità di detonazione di una miscela di paragone composta dall'85% di isottano e dal 15% di eptano ha un N.O. di 85. E' ovvio che più è elevato il numero di ottano, maggiore risulta il potere antidetonante. Normalmente, per elevare l'indice della indetonabilità delle benzine, vi si aggiungono in piccole dosi particolari sostanze antidetonanti; la più efficace attualmente in uso è il *piombo tetraetile.*

PREACCENSIONE e AUTOACCENSIONE

La combustione della miscela è normale quando inizia nel momento in cui scocca la scintilla e si sviluppa in maniera uniforme e graduale. In tal caso, man mano che essa si completa, la temperatura e la pressione si mantengono su valori normali. Talvolta però avvengono forme di combustione anormale, denominate: *preaccensione* e *autoaccensione.*

La prima è originata dalla presenza di punti surriscaldati della ca-

mera di combustione o da depositi carboniosi incandescenti che, normalmente, incendiano la miscela prima che scocchi la scintilla. La seconda invece è dovuta ad una accensione spontanea di una parte o di tutta la miscela, a causa di eccessivi aumenti di temperatura e pressione, e può verificarsi prima o dopo lo scoccare della scintilla.

FENOMENO DELLA DETONAZIONE

La *detonazione* è un prodotto delle suddette combustioni anormali. Essa provoca, oltre ad un repentino aumento della pressione (80-90 atm.) un surriscaldamento di alcuni organi del motore, di tale intensità da causare la loro distruzione (bruciatura delle valvole di scarico, fusione del fondo dei pistoni, incollamento degli anelli raschia olio, ecc.). Tale fenomeno si manifesta con un *martellamento metallico*, che rileva anche i vari gradi di detonazione, da "incipiente" a "fortissima". In regime di detonazione il rendimento del motore diminuisce notevolmente.

SISTEMI DI ACCENSIONE

La scintilla che provoca l'accensione della miscela scocca fra gli elettrodi delle candele opportunamente inserite nella camera di scoppio del motore. L'energia elettrica ad *alta tensione* (circa 20.000 Volt) necessaria per tale scopo, può essere generata in due modi: a *batteria e spinterogeno*, o con *magnete*.

Il primo sistema è adottato nei motori d'automobili, il secondo nei motori d'aviazione.

MAGNETE

Il magnete è un generatore di energia elettrica; esso è costituito da un *indotto*, formato da un nucleo di ferro dolce lamellato, che porta un *avvolgimento primario* che conta un centinaio di spire di filo di rame di grossa sezione ed un *avvolgimento secondario* di alcune migliaia di spire dello stesso materiale, ma di sezione molto più piccola. Il circuito primario si chiude, attraverso il *ruttore*, sulla massa del motore; il secondario va al *distributore* che fa capo alle candele disposte nei cilindri.

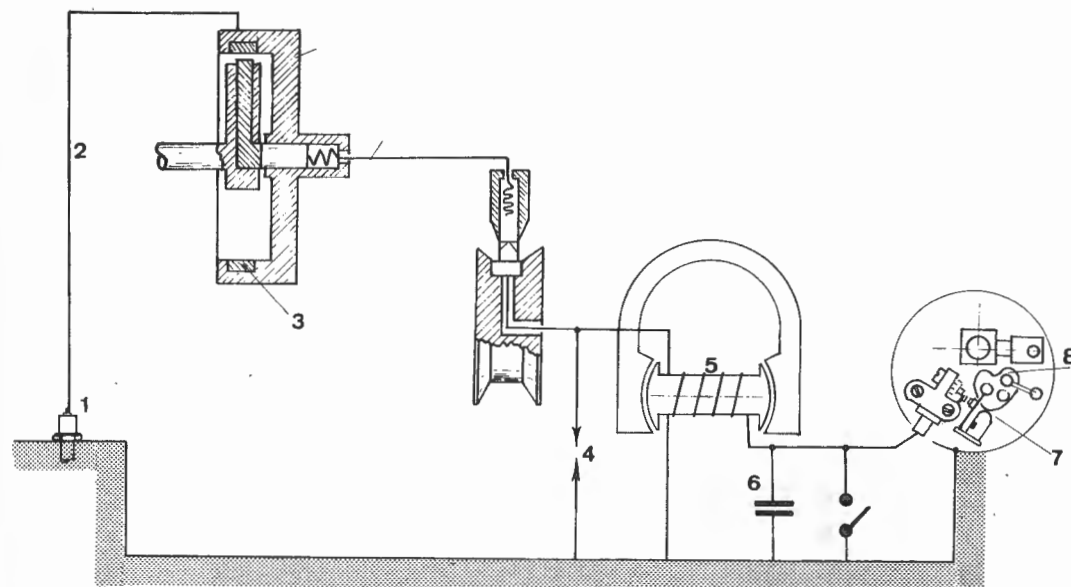
Quando l'indotto, azionato dall'albero motore, ruota tra le espansioni

1) - Candela — 2) - Cavo accensione — 3) - Blocchetto calotta del distributore - 4) - Parafulmine — 5) - Avvolgimento primario e secondario dell'indotto — 6) - Condensatore — 7) - Puntine platinate del ruttore — 8) - Eccentrico ruttore.

Fig. 53

polari di una calamita permanente, *induttore*, si genera nell'avvolgimento primario una corrente indotta la quale, per mezzo del ruttore comandato dall'albero motore stesso, subisce delle interruzioni per effetto delle quali si trasforma per mutua induzione in alta tensione nel circuito secondario.

Si precisa che la *spazzola* del distributore, che provvede alla distribuzione della corrente alle candele, compie un giro completo ogni due giri dell'albero motore.

Le interruzioni di corrente a cui provvede il ruttore corrispondono alla metà del numero dei cilindri.

Per ragioni di sicurezza, nei motori d'aviazione si usa l'*accensione doppia*, che consta di due magneti che forniscono rispettivamente corrente l'uno alla serie di candele lato aspirazione, l'altro a quelle del lato scarico.

Pertanto i cilindri di questi motori sono muniti di due candele.

ACCENSIONE A SPINTEROGENO

Nell'impianto a batteria di accumulatori si ha la sostanziale diffe-

renza, rispetto a quello a magnete, che la corrente a bassa tensione allo avvolgimento primario della bobina induttiva è fornita dalla batteria stessa; l'alta tensione nell'avvolgimento secondario si determina per induzione nello stesso modo già descritto nel magnete.

Distributore e ruttore, che anche in questo caso ricevono il moto dall'albero motore, sono combinati in unico organo detto *spinterogeno*. Col sistema a spinterogeno, la lunghezza della scintilla è superiore ai bassi e medi regimi, rispetto a quella del magnete, mentre si verifica il contrario agli alti regimi. Dal punto di vista della sicurezza di funzionamento il magnete è superiore al sistema a batteria, in quanto questa è soggetta ad esaurirsi col tempo e richiede una manutenzione continua.

VIBRATORI

All'atto della messa in moto, il rotore del magnete gira troppo lentamente per produrre una tensione sufficiente per far scoccare la scintilla nelle candele. Pertanto, per facilitare la messa in moto vengono adottati i *vibratori* (o cicale), che sono generatori statici di corrente pulsante. Essi possono essere di due tipi, il primo dei quali consiste in una bobina trasformatrice il cui avvolgimento primario è alimentato dalla batteria di bordo (o dal carrellino d'avviamento). Un ruttore azionato magneticamente da un nucleo della bobina stessa, interrompe il circuito dell'avvolgimento primario, provocando in tal modo in quello secondario una corrente indotta ad alta tensione, necessaria per far scoccare la scintilla nelle candele.

Nel secondo tipo di vibratore, la corrente fornita dalla batteria di bordo o dal carrellino di avviamento viene invece inviata all'avvolgimento primario del magnete, aumentando in tal modo la tensione generata dal magnete stesso, a basso numero di giri.

CANDELA D'ACCENSIONE

Come è noto a tutti, la candela è costituita da una specie di tappo metallico che si avvita nella parete della camera di scoppio e che contiene una massa isolante (porcellana o mica) attraversata da una asticina di acciaio al nichel, terminante nell'interno del motore con una punta platinata ed all'esterno con un serrafili cui giunge la tensione, a mezzo di un cavo elettrico collegato col distributore del magnete o dello spinterogeno.

Un'altra punta platinata, portata dal tappo metallico e facente massa, attraverso questo, col motore, termina a distanza di circa mezzo millimetro dalla punta dell'asticina centrale. Le due suddette puntine platinate fra cui scocca la scintilla, si chiamano *elettrodi*.

SCHERMATURA

Durante il funzionamento del magnete si genera intorno ad esso un campo elettromagnetico che può disturbare le comunicazioni radio. Per evitare tale inconveniente si provvede allo *schermaggio* a partire dal magnete, cavi elettrici e candele.

Normalmente per lo schermaggio si adoperano involucri di calza metallica o scatole metalliche.

Le schermature dei cavi elettrici di collegamento possono provocare il perforamento dello strato isolante e venire a contatto col filo interno di rame del cavo stesso, causando in tal modo corti circuiti, per cui occorre manipolare detti cavi di collegamento con riguardo e precauzione e sostituirli quando presentano screpolature.

LUBRIFICAZIONE

Lo scopo della lubrificazione è quello di interporre tra le superfici di contatto degli organi in movimento una sottile pellicola di liquido viscoso, per impedire lo sfregamento diretto fra le parti metalliche e ridurre in tal modo l'attrito al minimo. Un'altra importante funzione che compie il lubrificante è il *raffreddamento* delle parti metalliche con cui viene a contatto, dalle quali sottrae calore, che viene poi dissipato in un apposito radiatore inserito nel circuito di lubrificazione. Per i motori di aviazione si usano lubrificanti di origine minerale, un tempo per determinati motori veniva impiegato anche l'olio di ricino.

Proprietà fondamentale del lubrificante è la *viscosità*, che rappresenta la resistenza di scorrimento delle molecole.

La viscosità è fortemente influenzata dalla temperatura, infatti essa è molto elevata quando l'olio è freddo, poichè questi diviene denso e conseguentemente circola con difficoltà attraverso le tubazioni e spazi piccoli. Alle alte temperature invece la viscosità dell'olio è bassissima, perchè esso diventa eccessivamente fluido.

Per non compromettere irreparabilmente il funzionamento del motore, la temperatura dell'olio lubrificante non deve scendere al di sotto di 50°C. (tranne all'atto della messa in moto) e non superare i 90°C.

Il sistema di lubrificazione più usato è quello a circolazione forzata, mediante il quale l'olio necessario alla lubrificazione è contenuto in un serbatoio, da cui viene aspirato da una pompa ad ingranaggi, detta di *mandata*, che sotto pressione lo invia nel condotto principale di distribuzione, dal quale partono delle tubazioni che lo conducono ai supporti di bànco dell'albero motore.

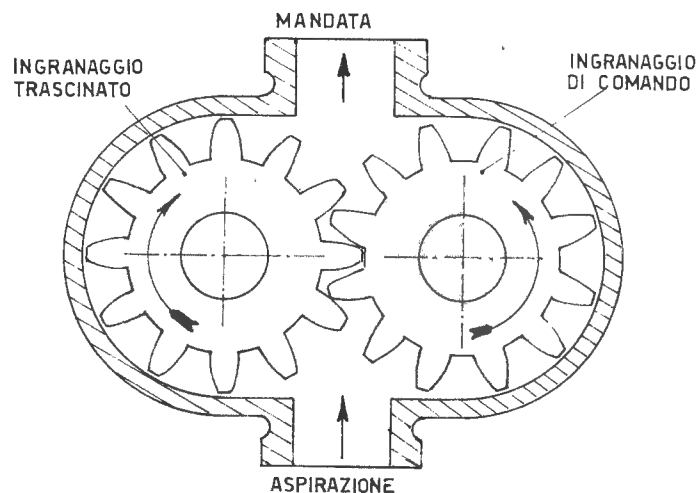



Fig. 54 - Schema di funzionamento di una pompa ad ingranaggi

Dai supporti l'olio si dirama attraverso dei fori praticati nell'albero a gomito per lubrificare prima i piedi delle bielle e, attraverso queste, gli spinotti.

Un'altra derivazione del condotto principale porta l'olio direttamente ai comandi delle valvole e al distributore d'avviamento. Opportuni fori lasciano passare l'olio che lubrifica i supporti degli alberi stessi, gli ingranaggi, le punterie e le guide valvole.

L'olio che ha assolto la sua funzione di lubrificante, cade poi nella coppa, dalla quale viene aspirato da una pompa detta di *recupero*, la cui portata è alquanto superiore a quella della pompa di mandata. Dalla pompa di recupero l'olio viene inviato al radiatore dove si raffredda, ed

infine da questo passa al serbatoio, da dove ricomincia il ciclo. Nelle tubazioni che costituiscono il circuito dell'olio sono inseriti dei filtri per trattenere le eventuali impurità.

Un manometro indica la pressione dell'olio in circolazione, che è regolata da una apposita valvola. Un teletermometro indica la temperatura dell'olio.

RAFFREDDAMENTO

La temperatura media delle pareti interne dei cilindri si mantiene sui 250°-350°C, però se il motore non venisse convenientemente raffreddato, tale temperatura raggiungerebbe valori così alti da provocare il *grippaggio* dei pistoni e di altri organi in movimento.

Il raffreddamento è a circolazione d'aria. Si precisa però, che fino a qualche tempo addietro, prima cioè che fossero impiegati i turboreattori o turboelica, nei motori *a cilindri in linea* di elevata potenza il raffreddamento poteva essere anche a circolazione d'acqua.

Al fine di aumentare la superficie radiante, i cilindri e le testate dei motori raffreddati ad aria sono muniti di numerose *alette* ricavate per fusione.

Il flusso di aria che lambisce tali alette è convogliato da opportune *cappottature* che rivestono il motore.

Infine, fra cilindro e cilindro vengono posti dei diaframmi, detti *deflettori*, che hanno il compito di uniformare la distribuzione dell'aria di raffreddamento intorno a tutti i cilindri.

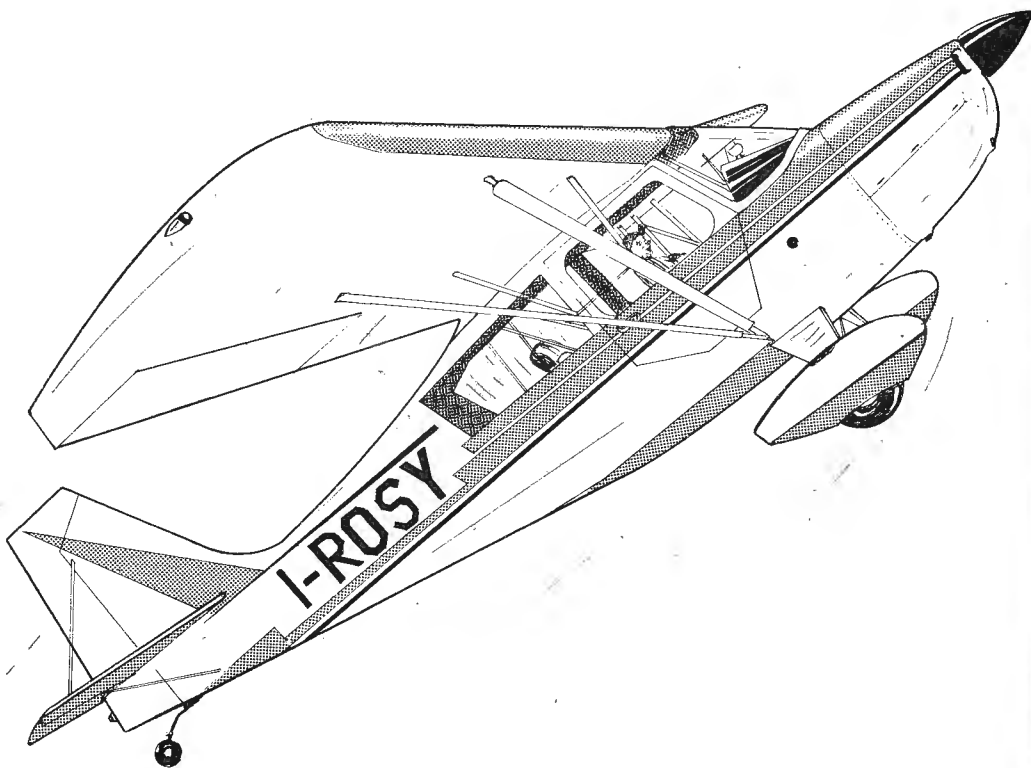
CIRCUITO DI ALIMENTAZIONE

L'impianto del circuito di carburante può essere per *caduta* od a *pompa*.

Circuito a caduta

Con questo tipo di circuito la benzina affluisce al carburatore per *gravità*, e pertanto i serbatoi sono posti ad un livello superiore rispetto al carburatore stesso. Tale sistema oggi è usato solo per alcuni piccoli velivoli da turismo, e presenta il vantaggio di una maggior semplicità.

Circuito a pompa

Questo sistema presenta elevate garanzie di sicurezza di funzionamento in tutti gli assetti. La pompa è comandata dall'albero motore tramite un ingranaggio di riduzione.

GENERALITA' SUI REATTORI

La terza legge di Newton dice che ad ogni azione corrisponde una reazione uguale e contraria.

Sono alla portata di tutti le seguenti esperienze che dimostrano il fenomeno della reazione:

- la spinta di rinculo nel fucile provocata dal lancio dei proiettili;
- la spinta all'indietro che si sente in una lancia da innaffiamento, provocata dal getto liquido.

Il propulsore di un corpo che galleggia o che vola ne determina il suo movimento per reazione. Infatti anche l'elica può considerarsi un propulsore a reazione, in quanto non fa che captare una certa quantità d'aria e cacciarla violentemente indietro con una notevole velocità; a tale azione corrisponde una reazione che si identifica con la spinta in avanti che la massa d'aria spostata ed accelerata imprime da parte sua all'elica stessa.

Tuttavia, quando si parla di *propulsori a reazione*, si intendono quei dispositivi, denominati appunto *reattori*, che determinano la spinta proiettando un getto continuo di massa gassosa a grandissima velocità (dell'ordine dei 500 metri al secondo).

I reattori si possono suddividere nelle due seguenti principali categorie:

- **aeroreattori** (o esoreattori);
- **endoreattori** (o razzi);

nei primi, la combustione avviene con l'intervento dell'aria ambiente, che fa da comburente; nei secondi invece, la combustione si compie senza l'intervento dell'aria esterna, poichè il reattore medesimo porta a bordo sia il combustibile che il comburente.

TURBOREATTORE

Un aeroreattore in sintesi lo si può considerare un tubo che aspira anteriormente una massa d'aria che, attraverso la combustione e la conseguente espansione, viene accelerata ed eiettata posteriormente.

Normalmente l'aeroreattore è realizzato nella forma del *turboreattore*

(o turbogetto) così chiamato per la presenza di una *turbina* che, azionata dagli stessi gas combusti, aziona a sua volta il compressore d'aria, al quale è collegata direttamente mediante un albero di accoppiamento.

Descriviamo ora brevemente un turboreattore (Fig. 55):

In esso troviamo una *presa d'aria* (o boccaglio) che aspira l'aria necessaria per la combustione ed il raffreddamento. Esiste poi il *compressore* che comprime l'aria, la quale passa poi nelle *camere di combustione.* In queste camere di combustione, il carburante viene introdotto attraverso appositi iniettori e si mescola con l'aria e brucia con continuità, provocando una rapidissima espansione ed una conseguente accelerazione dei gas verso le estremità di uscita delle camere di combustione. Qui i gas combusti azionano la *turbina* ed infine sfuggono dall'*ugello di scarico* con una velocità dell'ordine di 600 metri al secondo. Maggiore è la velocità di espulsione, maggiore è la spinta. La turbina è l'organo più importante del turboreattore, per cui deve essere costituita da materiale specialissimo che deve resistere alla corrosione dei gas ed alla elevata temperatura di circa 800°C.

CICLO DEL REATTORE

Il ciclo di funzionamento di un reattore è molto analogo a quello del motore alternativo; infatti, si hanno sostanzialmente le seguenti quattro fasi: *ammissione - compressione - combustione - scarico.*

L'avviamento avviene per mezzo di un motorino elettrico e con l'accensione di due o tre candele in altrettante camere di combustione.

L'alimentazione è assicurata da una pompa elettrica ad alta pressione che invia il carburante nelle camere di combustione attraverso gli appositi iniettori.

In un reattore la spinta fornita per ogni chilogrammo d'aria aspirata è dell'ordine di 60 kg. Il miglior rendimento lo si ha alle quote superiori ai 9000 metri. Il consumo orario di petrolio (cherosene) nei turbogetti è normalmente dell'ordine di kg. 1,100 - 0,900 per kg. di spinta.

Post-bruciatori

Nei turbogetti, nella parte posteriore del reattore, vengono collocati dei *postbruciatori*, che determinano una spinta supplementare. Ciò è

ottenuto con una ulteriore combustione che aumenta la temperatura dei gas combusti e quindi la loro velocità di espulsione. Questa seconda combustione, che avviene a valle della turbina, è generata dal carburante iniettato dai bruciatori e dall'eccesso d'aria non combusta che viene immessa per il raffreddamento, in modo da abbassare la temperatura dei gas che investono la turbina.

I post-bruciatori vengono usati solo in particolari condizioni di volo, in quanto il loro uso continuato non è possibile per l'enorme consumo di carburante che essi comportano.

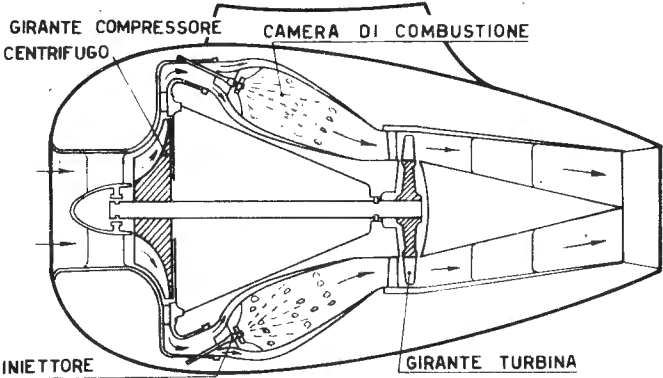



Fig. 55 - Schema di funzionamento di un turboreattore avente un compressore centrifugo.

STATOREATTORE O AUTOREATTORE

E' un tipo di reattore privo di compressore e quindi di tutte le altre parti mobili necessarie per azionare il compressore stesso.

Schematicamente esso è costituito da un condotto opportunamente sagomato, nel cui boccaglio di ammissione A, data la sua particolare forma divergente, l'aria che entra viene automaticamente compressa per effetto della diminuita velocità. Questa aria passa poi nella camera di combustione dove brucia con il combustibile opportunamente iniettato. L'espulsione dei gas combusti avviene attraverso l'ugello di uscita C, la cui sagomatura convergente fa subire a tale massa fluida un aumento di velocità ed una conseguente diminuzione di pressione. Dalla differenza di pressione

esistente sulla parete interna della parte anteriore del condotto in parola rispetto a quella della parte posteriore, deriva la spinta di propulsione.

Il presupposto indispensabile per il funzionamento dell'autoreattore è che esso sia movimento traslato, infatti, dopo quanto sopra specificato, non sarebbe possibile il suo funzionamento se esso fosse fermo. Tenere inoltre presente, che il suo impiego redditizio si verifica solo alle velocità supersoniche.

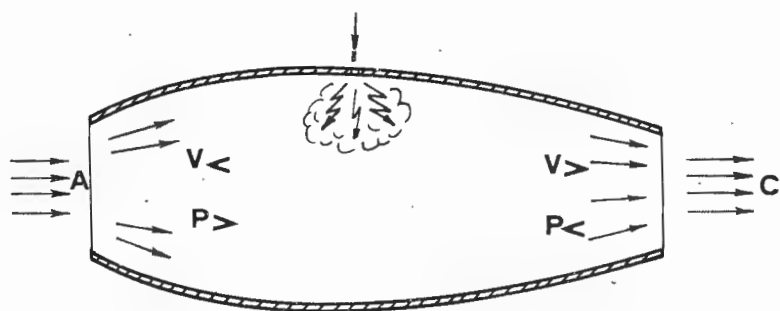



Fig. 56 - Funzionamento schematico di un autoreattore o statoreattore

TURBO-ELICA

Il turbo-elica è l'accoppiamento di una turbina a gas con un'elica. Infatti la turbina, oltre ad azionare il compressore, come nel turbogetto, aziona, mediante un adatto riduttore di giri, anche un'elica.

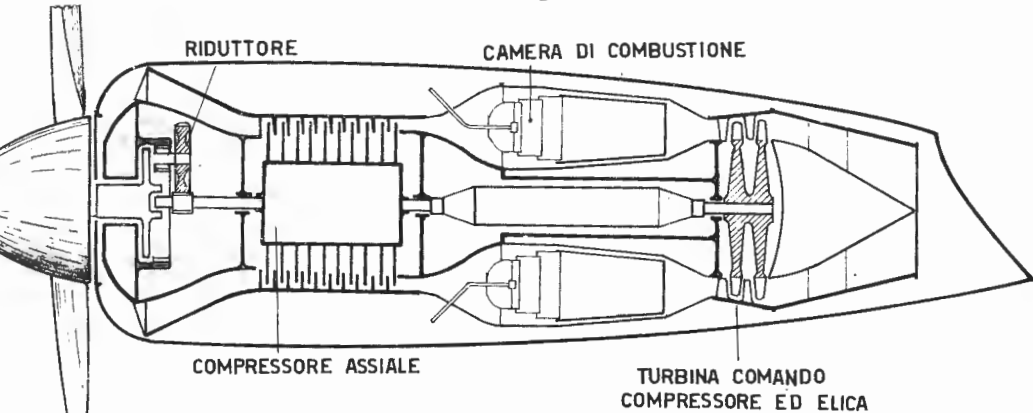
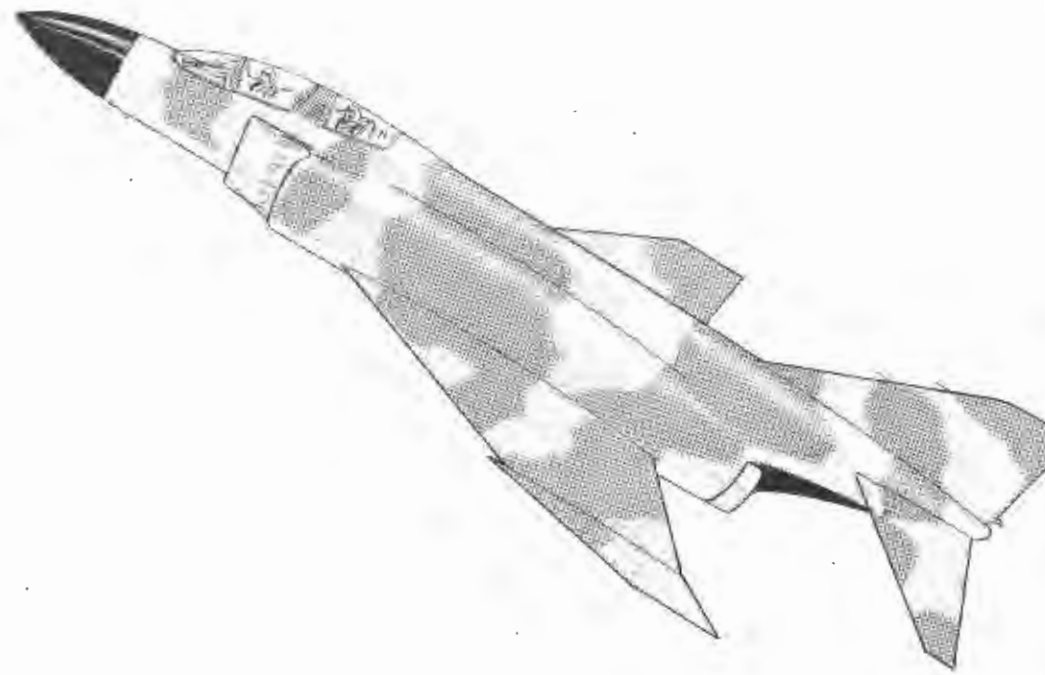



Fig. 57 - Schema di regolazione e funzionamento di una turboelica

Sono stati costruiti gruppi turbo-elica che costituiscono le più potenti e leggere unità motrici finora realizzate, sviluppanti oltre 4.000 H.P. con un peso inferiore a 250 grammi per cavallo. Nel turbo-elica si sfruttano i vantaggi di semplicità e di potenza offerti dalla turbina, unitamente al vantaggio dell'elevato rendimento offerto dall'elica al decollo ed alle normali velocità di volo. Normalmente il consumo specifico dei turbo-elica è superiore al consumo dei moto-elica, tuttavia il consumo chilometrico è inferiore di quello dei velivoli convenzionali. Infine, anche le dimensioni risultano notevolmente ridotte rispetto al moto-elica.

Uso aria calda al carburatore

Nell'interno del carburatore, per via dell'evaporazione della benzina e dell'espansione della miscela (agevolato quest'ultimo processo dalla depressione che si genera in corrispondenza della strozzatura del diffusore), si verifica un abbassamento di temperatura che può oscillare da un minimo di 15° ad un massimo di 25°C., per cui è possibile fare ghiaccio al carburatore pur essendo la temperatura dell'aria esterna di parecchio superiore a quella di congelamento. Per esempio, se la diminuzione di temperatura è di 15° e supponendo che la temperatura dell'aria esterna sia di +11°C, nel carburatore si avrà una temperatura effettiva di −4°C, con serio pericolo di fare ghiaccio, che può provocare il bloccaggio della farfalla e la "piantata di motore" per ostruzione degli spruzzatori.

Una elevata umidità relativa favorisce la formazione di ghiaccio, perchè parte dell'acqua contenuta nell'aria aspirata evapora nel carburatore abbassando ulteriormente la temperatura dell'aria stessa.

Il rimedio a disposizione del pilota è l'uso dell'*aria calda al carburatore*, che deve essere sempre usata quando si vola attraverso le nubi, la pioggia, nevischio e con temperatura dell'aria esterna compresa tra i −5°C e +16°C.; inoltre, la si deve anche usare quando si vola a bassi impegni di potenza (discesa), poichè essendo la farfalla parzialmente aperta aumenta l'espansione della miscela con conseguente diminuzione di temperatura.

L'aria calda in parola deve essere però adoperata con una certa oculatezza (l'ideale sarebbe avere a bordo del velivolo il termometro dell'aria calda al carburatore per poterne seguire la relativa temperatura), perchè se la si usa quando non è necessario, si diminuisce inutilmente la potenza del motore. Infatti, occupando l'aria calda un maggior volume di quella fredda, si riduce conseguentemente il *rendimento volumetrico* che, come è noto, rappresenta il rapporto esistente tra il peso reale della miscela introdotta nel cilindro ed il peso teorico di quella che potrebbe esservi immessa. Inoltre, tenere presente che con l'aria calda inserita si arricchisce la miscela, quindi per evitare spreco di carburante e temperature troppo basse (alle testate cilindri, ecc.), bisogna intervenire sul dosatore di miscela per un opportuno dosaggio.

Uso del correttore di quota (o di miscela)

Il decrescere della potenza di un motore con l'aumentare della quota, è dovuto alla minore quantità di miscela che viene immessa nei cilindri in seguito alla rarefazione dell'aria che diventa meno densa man mano che si sale.

Per cui, per mantenere la giusta proporzione di aria e benzina, si agisce sul correttore di quota, diminuendo opportunamente la quantità di carburante in eccesso.

In genere il correttore di quota lo si usa dopo aver raggiunto i 5000 Ft.

Da ricordare che il correttore di miscela, quando è nella posizione di tutto avanti, non corrisponde a miscela normale, ma a *miscela ricca*; in tal caso, l'eccesso di benzina che non viene bruciata per la mancanza della quantità di ossigeno necessaria, serve per diminuire l'elevata temperatura di combustione che si determina agli alti regimi di potenza.

Pertanto, in decollo e nelle eventuali condizioni di volo in cui è richiesta la massima potenza, al fine di assicurare un adeguato raffreddamento, la miscela deve essere tutta ricca. Per la stessa ragione in salita, e durante le manovre acrobatiche, quando cioè si richiede una maggior potenza, la miscela deve essere sensibilmente arricchita.

Per dosare la miscela in maniera giusta si tira indietro lentamente la relativa manetta, fino a quando si nota una leggerissima diminuzione di giri; a questo punto la si riporta un poco avanti di quel tanto che è necessario per recuperare i giri perduti.

Occorre però tener presente che una più accurata regolazione del correttore di miscela può essere fatta riferendosi alla *temperatura gas di scarico* od al *consumo orario di carburante*.

In considerazione che la temperatura dei gas di scarico dipende essenzialmente dal titolo della miscela, nei motori con carburatore a galleggiante, si può adottare un opportuno strumento, tarato in base ad un valore ottimale di riferimento di tale temperatura, che permette di stabilire il corretto dosaggio della miscela.

Nei motori ad iniezione, è possibile determinare con buona approssimazione il giusto titolo della miscela, riferendosi al consumo orario di carburante. Il valore di tale consumo viene regolato dal correttore di miscela in base a prestabilite tabelle che tengono naturalmente conto della quota di volo, del numero dei giri e della pressione di alimentazione. Lo strumento che indica il consumo in parola, offre anche il vantaggio di indicare la potenza sviluppata (*espressa in per cento*).

⟺ ⟺ ⟺

– Prima di mettere in moto bisogna far eseguire tre giri completi dell'elica con i magneti *esclusi* e la manetta del gas completamente o parzialmente chiusa. Ciò serve per eliminare l'eventuale *tampone ammortizzante idraulico* (causato dall'infiltrazione di olio o benzina, depositatisi nella camera di combustione), che al momento dello scoppio potrebbe provocare forti contraccolpi, tali da produrre la rottura delle testate dei cilindri o delle bielle.

– Se il motore non si avvia subito non insistere nella manovra, ma accertarsi di non aver dimenticato alcun controllo per la messa in moto. Dopo di che, prima di azionare nuovamente lo starter, attendere che l'elica sia ferma, al fine di non procurare seri danni agli ingranaggi del motorino d'avviamento, a causa del forte contraccolpo che subirebbero, nel caso fossero innestati con l'elica in movimento.

– Prima del decollo, non tenere il motore al minimo per un tempo più lungo del necessario; per quanto possibile, farlo girare a non meno di 1000 - 2000 giri, per non *sporcare le candele*.

– Se la prova a giri massimi non è stata effettuata immediatamente prima del decollo, si deve aprire manetta fino alla *pressione statica*, o almeno fino alla trazione massima che i freni possono reggere, al fine di ripulire le candele.

– Durante il decollo si deve cercare di tenere il motore alla massima potenza per il più breve tempo possibile, provvedendo a ridurla non appena la sicurezza di volo lo consente.

– Le sollecitazioni e l'usura aumentano con l'aumentare dei giri e della pressione di alimentazione.

– In picchiata e talvolta anche in altre condizioni di volo si potrebbe verificare di andare oltre il massimo numero di giri prescritto e provocare l'*imballamento* del motore. Se i giri superano del 5% il massimo consentito o l'imballamento dura più di 20 secondi, è facile che il motore abbia a subire danni.

– Occorre continuamente sorvegliare le pressioni olio e benzina e mantenere nei limiti le temperature: olio, testate cilindri e carburatore.
L'importanza di questa norma non sarà mai messa troppo in rilievo.

– L'aumento eccessivo della temperatura dei cilindri (oltre i 270°C), fa interrompere il velo lubrificante sulla canna e può causare, oltre alla elevata temperatura dei gas, la *detonazione* in caso di alta pressione di alimentazione, e la deformazione dei cilindri stessi.

– L'aumento eccessivo della temperatura dell'olio (oltre i 90°C) compromette irreparabilmente il funzionamento del motore, in quanto, venendo a mancare la regolare lubrificazione, per l'eccessiva fluidità dell'olio, gli organi meccanici in movimento possono subire gravi avarie. La temperatura minima non deve scendere al di sotto dei 50°C (tranne all'atto della messa in moto).

– Con qualsiasi tipo di motore, si possono diminuire le temperature effettuando una salita ad una velocità di traslazione dai 20 ai 30 km/h superiore a quella anemometrica consigliata, diminuendo cioè l'assetto di salita.

– La pressione dell'olio deve essere attentamente vigilata; se durante la messa in moto essa non raggiunge il valore prescritto entro 30", spegnere il motore immediatamente. Un anormale aumento di pressione può essere indizio di ostruzione nei condotti di mandata, la qual cosa è pericolosa perchè, oltre ad avere una insufficiente lubrificazione, si potrebbe verificare la rottura delle tubazioni. La diminuzione della pressione, specie se rapida, deve intendersi come primo segnale di un'avaria.

– Durante le discese, badare che la temperatura delle testate dei cilindri

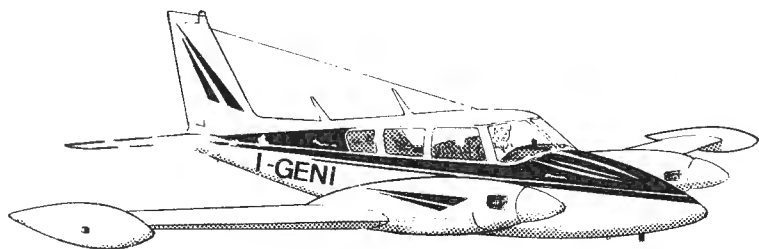
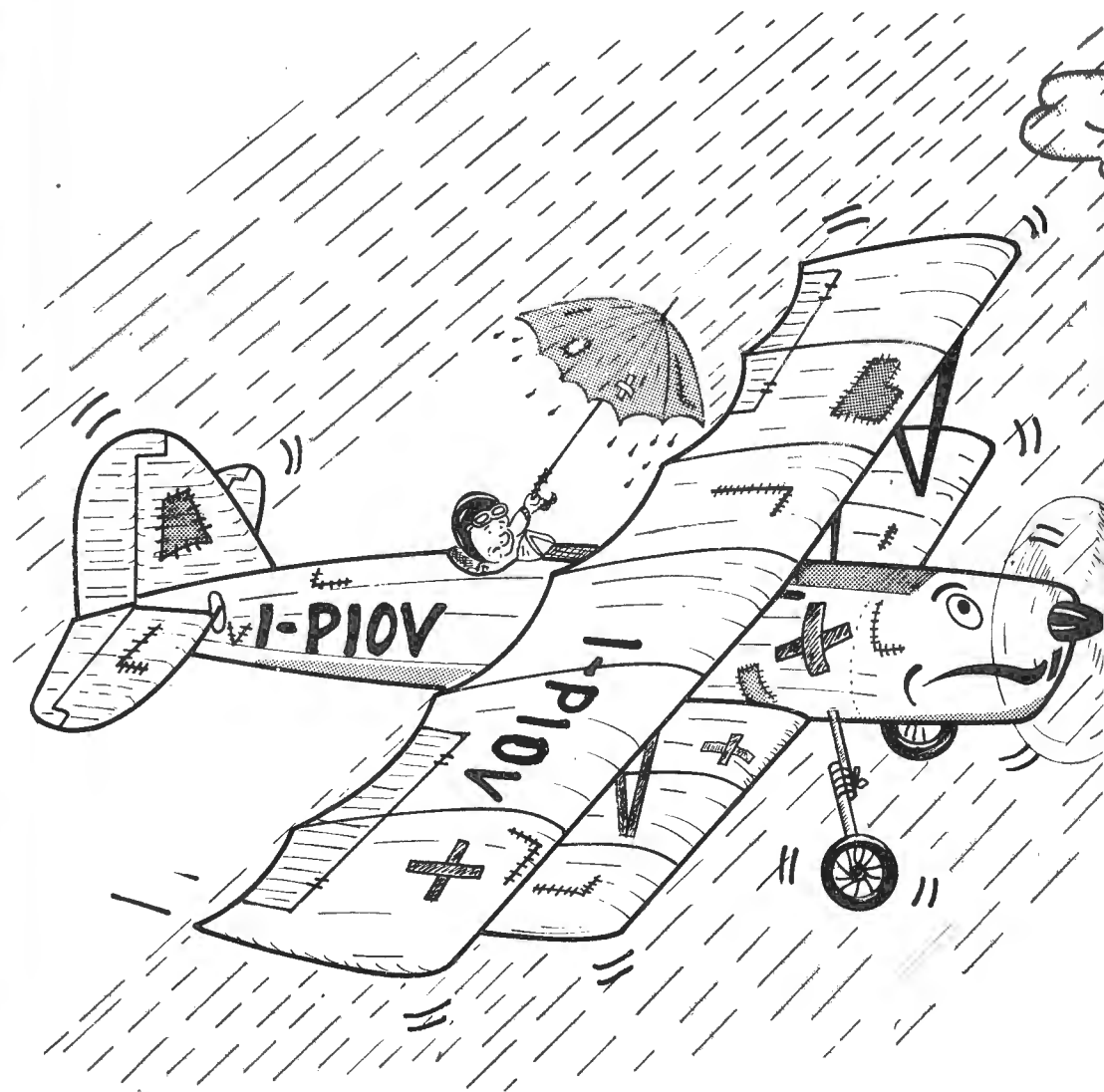
non scenda al di sotto di un certo valore (150°C) per non correre il rischio di una mancata ripresa. Per cui occorre interrompere la discesa tutte le volte che al teletermometro si legge la temperatura minima stabilita. Sui velivoli che sono sprovvisti di teletermometro, è buona norma interrompere la discesa dando tutto motore, mantenendo la linea di volo, ogni 500 Ft. durante la stagione fredda ed ogni 1000 Ft. in quella calda.

– Per ridurre la potenza bisogna prima diminuire la pressione di alimentazione e poi il numero dei giri.

– Per aumentare la potenza occorre prima aumentare il numero dei giri e poi la pressione di alimentazione, al fine di evitare una eccessiva pressione di alimentazione a basso regime, con conseguente spreco di carburante, e pericolo di detonazione.

– Muovere la manetta del gas lentamente ed uniformemente, altrettanto dicasi per quella del passo dell'elica.

– Se si è costretti ad utilizzare un carburante di N.O. inferiore a quello prescritto per il motore, bisogna impiegare una bassa pressione di alimentazione e non impoverire la miscela, al fine di evitare il pericolo della "detonazione".

– Se si è costretti ad utilizzare un carburante di N.O. superiore a quello prescritto per il motore, non è necessario prendere alcuna particolare precauzione.
Tenere presente però, che l'uso prolungato di tale carburante è ugualmente nocivo, perchè il sale di piombo in eccesso è corrosivo, specie per le valvole e loro sedi.

METEOROLOGIA

ELEMENTI METEORICI

I principali elementi meteorici che costituiscono il *tempo*, inteso come una rappresentazione dello stato dell'atmosfera, sono:

- **la pressione;**
- **la temperatura;**
- **l'umidità;**
- **il vento.**

rappresentano lo stato dell'atmosfera

ATMOSFERA

Per atmosfera si intende l'involucro gassoso che circonda la terra e che l'accompagna nei suoi movimenti. Essa è costituita da un miscuglio di vari gas, dei quali i più abbondanti sono: l'azoto, 78%, e l'ossigeno, 21%. Il rimanente, che assomma a meno dell'1%, è composto di anidride carbonica, gas rari, e vapore acqueo.

SUDDIVISIONE DELL'ATMOSFERA

E' stata suddivisa in quattro strati fondamentali, in funzione della temperatura:

Troposfera — Si estende dal suolo fino ad un'altitudine media di una dozzina di chilometri. In essa la temperatura diminuisce gradualmente con l'aumentare della quota, fino a raggiungere un valore di −50°/60°C. Nella troposfera,

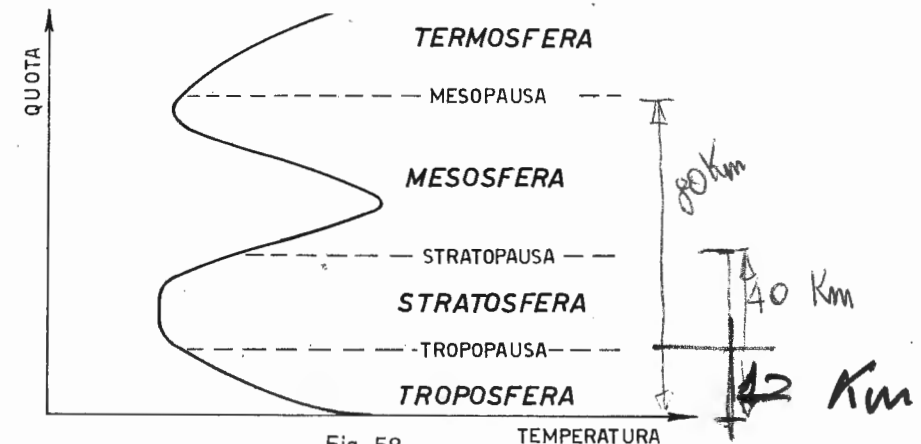



Fig. 58

che contiene circa i 3/4 dell'aria atmosferica, nonchè quasi tutto il vapore acqueo, si manifestano quasi tutti i principali fenomeni meteorologici.

Stratosfera – Situata al di sopra della troposfera, fino ad un'altezza di circa 40 km. E' una regione isotermica (o quasi), poichè in essa la temperatura dell'aria si mantiene sui −60°C circa, variando pochissimo.

Mesosfera – E' compresa fra i 40 e gli 80 km. di altezza. In questa regione la temperatura aumenta fino a 80°C alla quota di 50-60 km., indi comincia nuovamente a diminuire fino ad abbassarsi ad un valore di 70°C verso gli 80 km.

Termosfera – E' la regione nella quale la temperatura riprende ad aumentare per portarsi, si ritiene, al migliaio di gradi a quote superiori ai 400 km.

Il limite superiore della troposfera è stato denominato *tropopausa*, quello della stratosfera *stratopausa* e quello della mesosfera *mesopausa*.

TEMPERATURA DELL'ARIA

Per temperatura si intende lo stato termico di un corpo, pertanto, si dice che un corpo ha una alta temperatura se ha un elevato grado di calore, mentre si dice che ha bassa temperatura se è vero il contrario.

La temperatura dell'aria è determinata da uno scambio termico tra sole, terra ed aria. Infatti la *radiazione solare diretta*, è assorbita in esigua misura dall'atmosfera, mentre è notevolmente assorbita dalla superficie terrestre. Il calore incamerato dalla terra viene poi irradiato verso l'atmosfera, per cui si può dire che la terra, riscaldata dal sole, riscalda a sua volta l'aria per *irraggiamento termico*.

La temperatura della superficie terrestre e quindi dell'atmosfera in vicinanza del suolo, "temperatura al suolo", non è uguale dovunque, ma varia da luogo a luogo e nel tempo.

Le cause da cui dipende tale differenza di temperatura sono: l'altitudine, la natura del terreno, il movimento di rivoluzione terrestre che, come noto, dà luogo al fenomeno delle stagioni, e la rotazione terrestre che dà luogo all'alternarsi dei giorni e delle notti.

In funzione della latitudine, la temperatura ha un andamento decrescente dall'equatore verso i poli, perchè con l'aumentare della latitudine i raggi solari giungono sulla terra sempre più obliqui, il che diminuisce progressivamente l'intensità della loro azione radiante.

Sui mari, sul suolo ricco di corsi d'acqua e coltivato, si ha una temperatura inferiore rispetto a quella del terreno arido e pietroso, poichè solo una parte della radiazione solare che vi giunge è trasformata in calore, in quanto una notevole parte viene spesa per l'evaporazione.

Le cause che fanno sì che la temperatura di uno stesso luogo non sia costante nel tempo sono: l'avvicendarsi delle stagioni e l'alternarsi dei giorni e delle notti.

ESCURSIONE TERMICA DIURNA

L'andamento diurno della temperatura, in un dato luogo, è contrassegnato da un *minimo*, intorno all'alba, e da un *massimo*, due o tre ore dopo il passaggio del sole sul meridiano del luogo stesso.

Dicesi *escursione termica diurna* la differenza tra il valore massimo e minimo di temperatura, che si riscontra nelle 24 ore in una determinata località.

L'escursione in parola è massima con cielo sereno, e minima con cielo coperto, in seguito alla funzione di schermo che fanno le nubi.

CORRENTI O MOTI CONVETTIVI

Sono correnti d'aria verticali, ascendenti e discendenti, di origine termica. Si verificano quando l'aria, in prossimità del suolo, si riscalda intensamente a causa del *surriscaldamento del suolo*, per cui diventa più leggera e si porta in alto, mentre aria più fredda scende a prendere il suo posto. A sua volta anche questa si riscalda, sale e viene sostituita da nuova aria fredda, determinando così un moto circolatorio detto di *convezione*.

VARIAZIONE DELLA TEMPERATURA CON LA QUOTA

Dato che la temperatura dell'aria è essenzialmente in funzione della temperatura del suolo, si comprende facilmente come la prima diminuisca

col crescere della distanza dal suolo.

GRADIENTE TERMICO VERTICALE

Chiamasi *gradiente termico verticale* la variazione di temperatura per ogni 100 m. di altezza. Esso nella troposfera, in aria in quiete, ha un valore di 0,6°C ogni 100 m. (5÷6°C ogni 1000 m.).

INVERSIONE TERMICA

Si ha l'inversione termica quando la temperatura, col crescere della quota, anzichè diminuire aumenta. Gli strati d'aria in cui l'inversione termica si verifica possono essere adiacenti al suolo od in quota. Le inversioni di temperatura sono frequenti vicino al suolo, specialmente nelle notti serene e calme, in quanto la terra si raffredda fortemente per irraggiamento notturno. Conseguentemente, gli strati d'aria più vicini al suolo si raffreddano più rapidamente di quelli alti, per cui l'andamento della temperatura con l'aumento della quota assume l'aspetto indicato nella fig. 59.

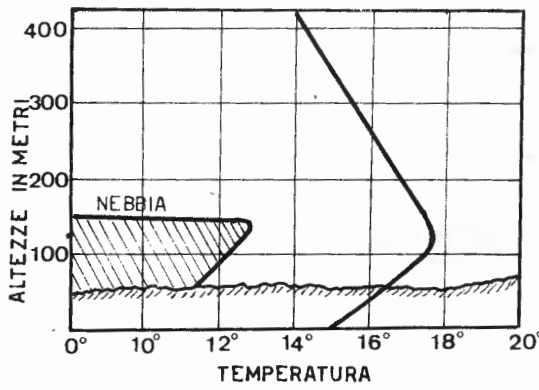



Fig. 59

ZERO TERMICO

Lo *zero termico* è l'altezza a cui la temperatura dell'aria raggiunge 0°C (nella stagione invernale può essere anche al suolo). Dato che la

variazione di temperatura con l'altezza è di circa 6,5°C ogni 1000 m., nel caso si avesse a terra una temperatura di 6,5°C, lo zero termico si registrerà ovviamente a 1000 m. di quota. Se invece ci fosse al suolo una temperatura di 19.5°C, lo zero termico si avrà a circa 3000 m.

ISOTERME

Le *isoterme* sono le linee che congiungono sulla carta le località di una regione dove si riscontra la medesima temperatura media annua.

TERMOMETRI E LORO SCALA

La temperatura viene comunemente misurata in *gradi centigradi* "°C", o in gradi *Fahrenheit*, "°F".

Tali unità di misura si riferiscono:

la prima, alla scala termometrica *centigrada* (o Celsius), in cui la temperatura di solidificazione corrisponde a 0°C, e quella dell'acqua bollente a 100°C;

la seconda alla scala termometrica *Fahrenheit*, dove la temperatura di gelo è 32°F e quella dell'acqua in ebollizione è 212°F.

I termometri generalmente più usati sono quelli a mercurio fino a temperature non al di sotto dei −39°C, e quelli ad alcool per temperature inferiori.

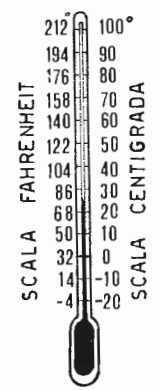



Fig. 60

PRESSIONE ATMOSFERICA

Per pressione atmosferica si intende la forza peso esercitata dalla colonna d'aria che si estende verticalmente per l'intera atmosfera sull'unità di superficie terrestre. In base all'esperienza torricelliana, si è potuto stabilire che al livello medio del mare tale pressione su ogni cm^2 di superficie terrestre, equivale al peso di una colonna di mercurio della sezione di un cm^2 alta circa 760 mm. Sapendo che un cm^3 di mercurio pesa gr. 13,595, ne consegue che su ogni cm^2 di superficie terrestre l'atmosfera esercita una pressione media di kg. 1.033 (76 x 13,595); tale valore è chiamato *atmosfera*, e rappresenta l'unità di misura della pressione. Per ragioni di praticità, nel servizio meteorologico internazionale si è convenuto di esprimere la pressione atmosferica in *millibar* (unità di pressione equivalente a 1000 dine/cm^2). Di conseguenza la maggior parte dei barometri oggi in uso è graduata in mb. Tuttavia esistono ancora barometri e altimetri graduati in mm. e pollici di mercurio.

Al livello medio del mare, a 45° di Latitudine e con 15°C di temperatura, valgono le seguenti relazioni: 1013,25 mb = 760 mm = 29,92 Inches.

DISTRIBUZIONE DELLA PRESSIONE

La pressione atmosferica non ha mai una distribuzione uniforme sulla superficie terrestre, pertanto vi saranno sempre delle zone in cui il suo valore è più alto ed altre in cui il suo valore è più basso. Inoltre, si è potuto stabilire che in un dato luogo la pressione subisce continuamente variazioni regolari ed irregolari, periodiche ed aperiodiche. Fra le periodiche più evidenti sono: la *variazione diurna* e la *variazione annua*. La prima presenta due massimi verso le ore 10 e le 22, e due minimi verso le ore 4 e le 16, a tutte le latitudini e longitudini. Con la variazione annua, sui continenti la pressione è minima d'estate e massima d'inverno; il contrario avviene sugli oceani. Ciò è dovuto al fatto che le terre emerse d'estate sono più calde dell'acqua, per cui l'aria sovrastante è più rarefatta e quindi più leggera, mentre d'inverno si verifica il fenomeno opposto.

DIMINUZIONE DELLA PRESSIONE CON LA QUOTA

Siccome la pressione atmosferica al suolo è rappresentata dal peso

della colonna d'aria che la sovrasta, è facile intuire che essa diminuisce con la quota. Infatti salendo, lo strato d'aria esistente al di sotto dell'altezza raggiunta, non esercita più alcuna azione col suo peso. Tale diminuzione di pressione non è semplicemente proporzionale alla quota, ma avviene anche in funzione della diminuita densità dei successivi strati d'aria. Perciò la pressione decresce dapprima rapidamente e poi sempre più lentamente. Grosso modo la pressione diventa metà a 5000 m., pertanto da circa 1000 mb al livello del mare si passa a 500 mb a tale quota ed a circa 250 mb a 10.000 m.

EFFETTI DELLA TEMPERATURA SULLA PRESSIONE IN QUOTA

La diminuzione di pressione in aria fredda, quindi più densa, è più rapida che in aria calda. Infatti, confrontando due colonne di aria, una fredda ed una calda, aventi la stessa pressione barometrica al livello del mare, troviamo che ad una medesima quota la pressione dell'aria calda è maggiore di quella fredda. Per esempio, a 4000 m. la pressione nella colonna d'aria calda sarà di 600 mb (1000 mb - 400 mb), mentre in quella fredda sarà di (1000 mb - 600 mb = 400 mb). (Vedi figura 61).

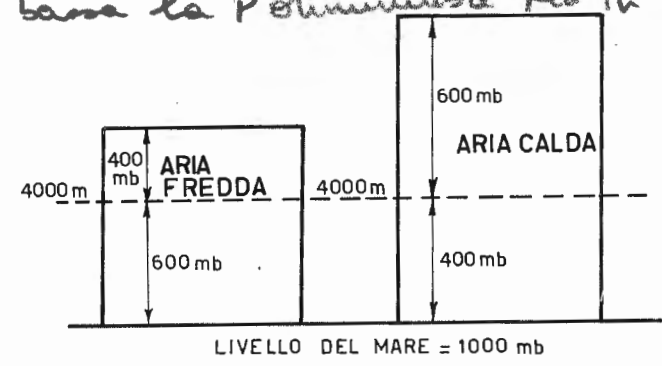



Fig. 61

GRADIENTE BARICO VERTICALE

Chiamasi *gradiente barico verticale* il valore della variazione di pres-

1 mb ogni 8 metri [Fino a 500 m]

sione con la quota. Si può ritenere che la pressione varii di un mb per ogni 8 m. di variazione di quota fino a 500 m. dal livello del mare. Al di sopra di tale altitudine la predetta relazione non è più valida, infatti l'entità della variazione di quota per mb aumenta col crescere dell'altezza.

SUPERFICI ISOBARICHE

Una superficie dello spazio, in ogni punto della quale esista la medesima pressione, dicesi *superficie isobarica.* Tali superfici sono molto irregolari e variamente ondulate. Per renderci conto della loro fisionomia possiamo immaginarcele materializzate come delle lamine di celluloide che presentano avvallamenti e protuberanze che variano continuamente nel tempo e nello spazio. (Vedi fig. 62).

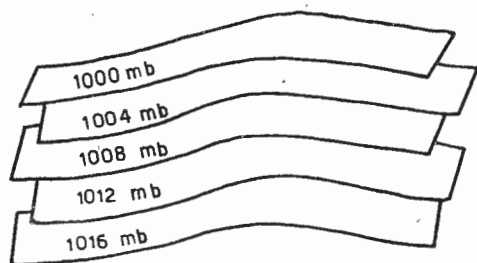



Fig. 62

isoterme=T

ISOBARE =P

Le *isobare* sono linee che uniscono punti di uguale pressione, tuttavia si precisa che in meteorologia per isobare si intendono le linee di intersezione delle superfici isobariche con una qualsiasi *superficie di livello.* Per cui, sulle carte generali del tempo, le isobare al livello del mare sono rappresentate dall'intersezione di un certo numero di superfici isobariche con la superficie del mare stesso. Sulle carte a livello costante (esempio: a 3000 o a 5000 Ft.), le *isobare in quota* sono raffigurate dall'intersezione di un certo numero di superfici isobariche e la superficie considerata. Le isobare sono spaziate di 4 mb l'una dall'altra, non possono mai intersecarsi fra di loro ed hanno forma di curve chiuse, pressocchè circolari od ellittiche concentriche. (Vedi fig. 63).

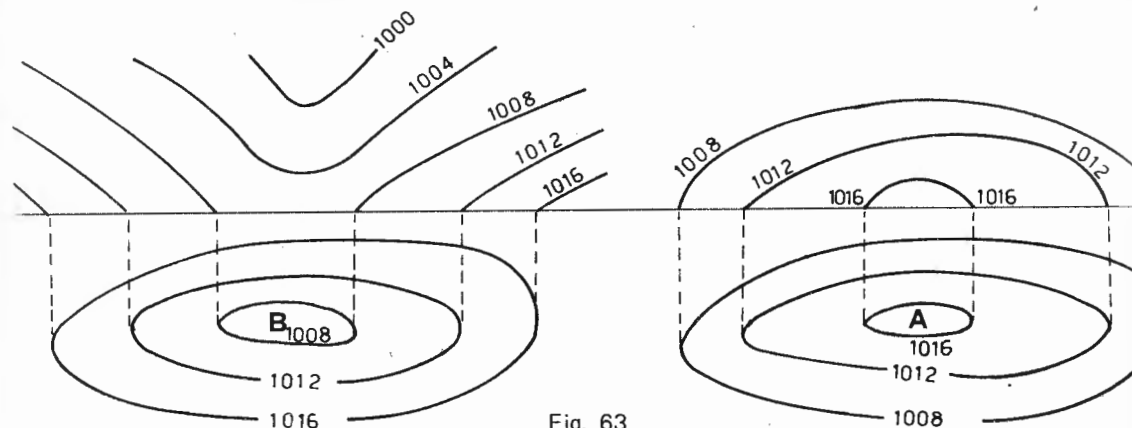



Fig. 63

ISALLOBARE

Sono linee che congiungono punti nei quali si riscontra la stessa variazione di pressione in un dato intervallo di tempo; tale variazione di pressione può essere *positiva*, se in aumento, o *negativa* in caso contrario. Le isallobare di tre ore prendono il nome di *tendenze barometriche*, come indicatrici del senso di variazione della pressione nelle ore immediatamente successive. Spesso le isallobare appaiono distribuite in modo da circoscrivere zone a contorni regolari; si hanno così nuclei isallobarici positivi e negativi.

ISOIPSE (o LINEE DI LIVELLO)

Le *isoipse* sono linee che uniscono punti di ugual quota rispetto al

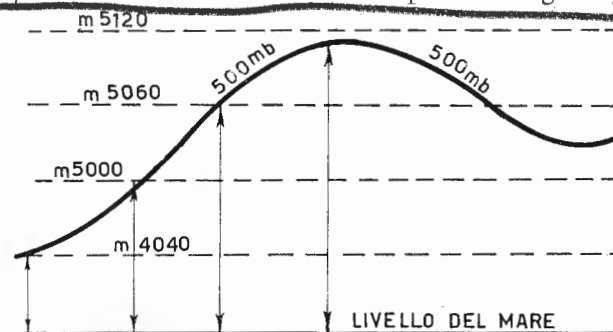



Fig. 64

livello del mare. Con il loro tracciamento si può rappresentare l'andamento di una qualsiasi superficie isobarica, facendo cioè di queste la topografia, nella stessa maniera usata per rappresentare un rilievo sulla carta topografica. In genere le isoipse sono intervallate l'una dall'atra di 30 o 60 m. (Vedi fig. 64).

CONFIGURAZIONI ISOBARICHE

Il tracciamento delle isobare su una carta sinottica mette in rilievo i seguenti principali sistemi isobarici:

Ciclone — Successione di isobare che si chiudono attorno ad un nucleo di bassa pressione; esse hanno valori decrescenti dalla periferia verso il centro.

Anticiclone — Successione di isobare che con valori crescenti dalla periferia verso il centro si chiudono intorno ad un nucleo di alta pressione.

Saccatura — Estensione di una bassa pressione che si protende verso un'alta pressione formando una insenatura a forma di "V".

Promontorio (o Cuneo) — E' una protuberanza di una alta pressione che si estende verso l'area di una bassa pressione.

Sella — E' un'area compresa fra due depressioni o due anticicloni.

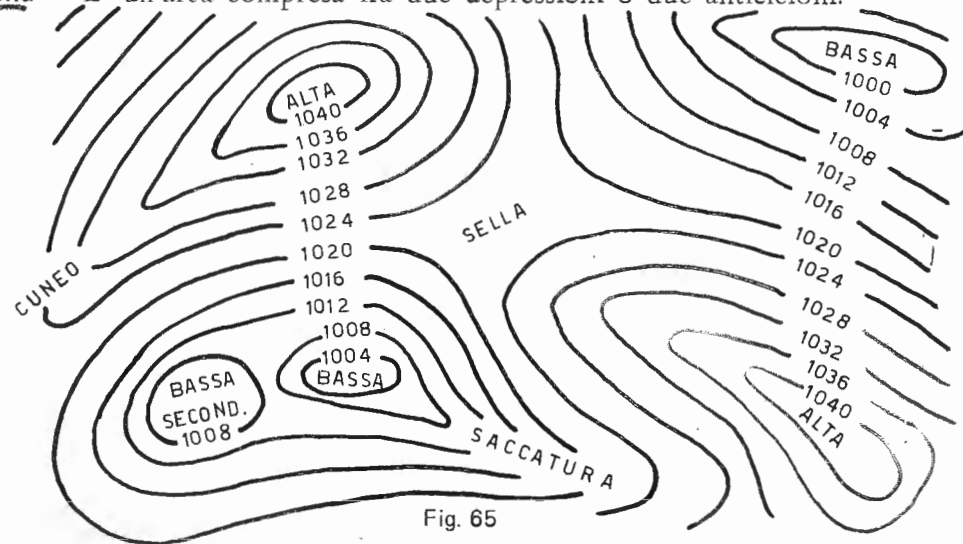



Fig. 65

ATMOSFERA TIPO

E' un'atmosfera *convenzionale*, rappresentante la media delle differenti condizioni atmosferiche esistenti nelle varie parti del mondo. E' intuitivo che se non fosse stata stabilita una correlazione fissa tra pressione e quota mediante l'aria tipo, sarebbe stato assai problematico poter tarare gli altimetri. Infatti, nell'atmosfera reale, ad un determinato valore di pressione non corrisponde sempre lo stesso valore di quota.

L'atmosfera tipo ha le seguenti caratteristiche fisse:

- *aria secca*
- *temperatura a livello del mare = 15°C.*
- *pressione al livello del mare = 1013.2 mb (o 29.92 pollici)*
- *gradiente termico verticale = 6.5°C. ogni 1000 m.*
- *altezza della troposfera = 11 km. (circa)*
- *temperatura della tropopausa = −56°C.*

REGOLAGGIO ALTIMETRI

QFE - Per *QFE* si intende la pressione barometrica esistente su un aeroporto, in un dato momento. L'altimetro di bordo, regolato sul *QFE*, indica la quota di volo relativa, *altezza*, rispetto all'aeroporto, e indica *zero* ad atterraggio effettuato.

QNH - Per *QNH* si intende la pressione barometrica di un aeroporto ridotta al livello del mare. L'altimetro di un velivolo regolato sul *QNH* indica la quota di volo assoluta, *altitudine*, rispetto al livello del mare, e ad atterraggio effettuato indica l'altitudine dell'aeroporto.

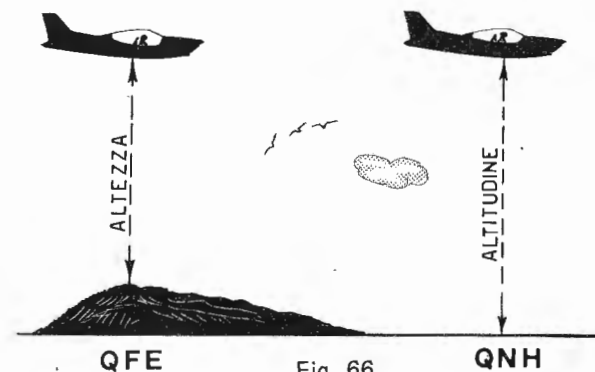



Fig. 66

QNE - Per *QNE* si intende la "quota pressione" (o livello barico) indicata da un altimetro regolato sulla pressione standard 1013.2 mb. In altre parole si può dire che è il dislivello barico (espresso in metri o piedi) che intercorre in atmosfera tipo, tra la pressione atmosferica di un certo luogo e quella standard. L'altimetro regolato sul QNE indica *livelli di volo*.

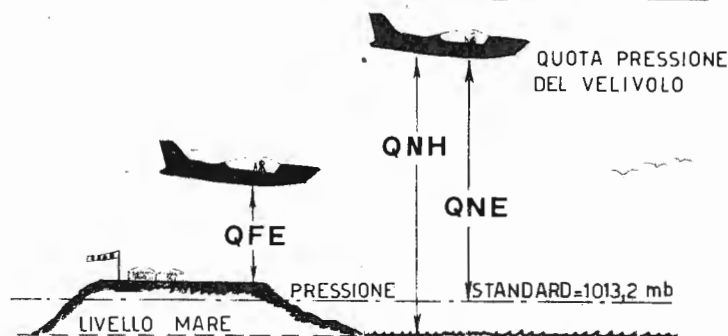



Fig. 67

N.B. - La regolazione sul QFE può essere solamente usata su aeroporti che si trovano ad un'altitudine massima di circa 350 m., poichè al disopra di tale altitudine la scala delle pressioni dell'altimetro è fuori campo. Pertanto per l'atterraggio su aeroporti molto elevati bisogna usare il QNH. Si fa notare che può essere impiegato anche il QNE quando si desidera che ad atterraggio effettuato l'altimetro indichi "zero". A tal fine si procede come segue: inserire sull'altimetro il valore del QNE fornito da terra usando la scala delle altitudini, servendosi dei relativi indici di riferimento, rappresentati dai triangolini bianchi periferici scorrevoli (i quali indicano sempre l'altezza, rispetto al livello barico standard 1013.2 mb). E' ovvio che una volta effettuata tale regolazione, automaticamente nella finestrella dell'altimetro si leggerà la pressione che regna a terra (ossia il QFE) nel caso che l'aeroporto sia al disotto dei 350 m. di altitudine.

GRADIENTE BARICO ORIZZONTALE

Per *gradiente barico orizzontale* si intende il rapporto fra la differenza di pressione di due punti e la loro distanza misurata lungo una semiretta perpendicolare alle isobare. La sua unità di misura è rappresentata dalla differenza di pressione di un mb sulla distanza di un grado di meri-

diano terrestre, ossia 111 km. (circa 60 miglia). Il valore del gradiente medio per grado di meridiano terrestre relativo a due punti ad una distanza di 333 km. e fra le cui pressioni vi sia una differenza di 6 mbs è dato da: $\frac{6}{3} = 2$, il che è di facile intuizione essendo i 333 km. uguali a 3 unità di lunghezza, (equivalenti cioè a 3 gradi di meridiano). Se fra due punti considerati risulta invece che su una distanza di 150 km. esiste una differenza di 3 mb, il valore del gradiente medio per grado di meridiano è dato da: $3 \times \frac{111}{150} = 2{,}2$.

VENTO

Per vento s'intende qualsiasi spostamento d'aria in senso orizzontale: esso è dovuto al differente valore di pressione esistente tra un luogo e l'altro in un medesimo istante. L'aria si sposta dall'alta verso la bassa pressione, con velocità tanto più elevata, quanto maggiore è il gradiente barico orizzontale, il che è rappresentato da isobare più ravvicinate. L'esperienza dimostra che per effetto della forza *deviante* (o di Coriolis), determinata dalla rotazione terrestre, il vento, anzichè soffiare perpendicolarmente alle isobare, secondo cioè la direzione della forza di gradiente, si scosta notevolmente da tale direzione. Per la precisione nel nostro emisfero, nella libera atmosfera, esso è deviato a destra e spira parallelamente alle isobare, formando quindi con la direzione della forza di gradiente, un angolo di circa 90°. Il vento in prossimità del suolo è influenzato dall'attrito con la superficie terrestre, per cui, rispetto a quello in quota, oltrechè essere meno intenso, presenta una deviazione di soli circa 30° dalla direzione di gradiente, conseguentemente non è parallelo alle isobare.

REGOLA DI BUYS-BALLOT

Per la determinazione della posizione delle zone di bassa o di alta pressione in funzione della direzione del vento vale la legge di *Buys-Ballot*: nell'emisfero Nord, volgendo le spalle al vento e sollevando il braccio sinistro lateralmente ed un po' in avanti, questo indicherà la direzione del minimo della pressione; il braccio destro, un po' indietro, indicherà la direzione del massimo. Nell'emisfero Sud le indicazioni sono opposte.

VENTO DI GRADIENTE — GEOSTROFICO — CICLONICO ED ANTICICLONICO

Chiamasi *vento di gradiente* ogni movimento d'aria diretto lungo le isobare, quindi non influenzato dall'attrito col suolo. Se le isobare sono rettilinee si ha il *vento geostrofico*, (fig. 68). Se invece il moto è circolare (isobare curvilinee) il vento si distingue in: *vento di gradiente ciclonico ed anticiclonico.*

G - Forza di gradiente
D - Forza deviante (o di Coriolis)
V - Direzione del vento

1020
1016
1012
1008
1004

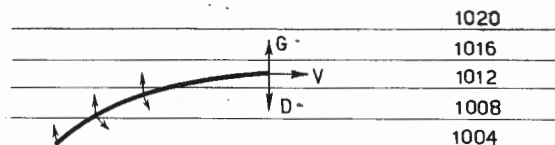



Fig. 68

Nel *ciclone* (area di bassa pressione) la forza di gradiente è equilibrata dalla forza deviante più la forza centrifuga. Il vento che ne risulta è tangenziale alle isobare, convergente verso il nucleo di bassa pressione e ruota in senso *antiorario* (fig. 69).

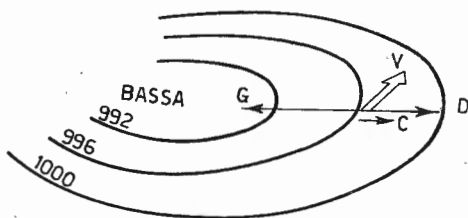



Fig. 69

Nell'*anticiclone* (area di alta pressione) la forza di gradiente più la forza centrifuga sono equilibrate dalla forza deviante. Il vento che ne risulta è tangenziale alle isobare, divergente dal nucleo di alta pressione e ruota in senso *orario* (fig. 70).

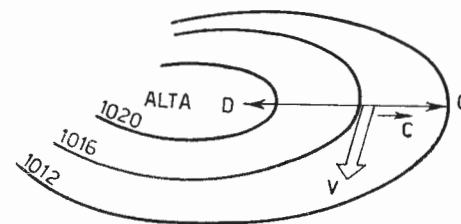



Fig. 70

CIRCOLAZIONE DELL'ARIA NELLA TROPOSFERA

La differenza di riscaldamento della superficie terrestre tra l'equatore e i poli origina i venti la cui direzione è deviata verso Est o verso Ovest, a seconda dell'emisfero, a causa del moto di rotazione della terra. Infatti se questa non girasse lo schema di circolazione dell'aria nella troposfera sarebbe semplice perchè si avrebbe una circolazione chiusa con direttrice nord-sud tra equatore e poli, in quanto l'aria nella zona equatoriale, essendo più calda e quindi più leggera, salirebbe negli alti strati dirigendosi dall'equatore verso i poli, in corrispondenza dei quali scenderebbe sulla zona polare per riprendere da qui nei bassi strati il cammino verso l'equatore (fig. 71).

In realtà però, tale circolazione presenta un andamento molto più complesso, costituito da circolazioni individuali chiuse concatenate, illustrate in figura 72. L'incontro di queste correnti d'aria dalle caratteristiche

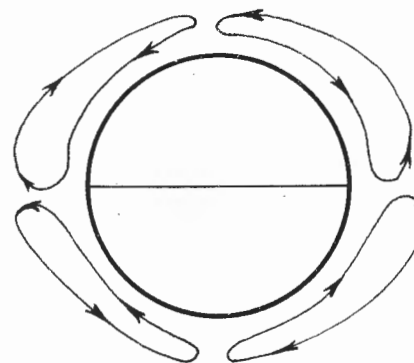



Fig. 71

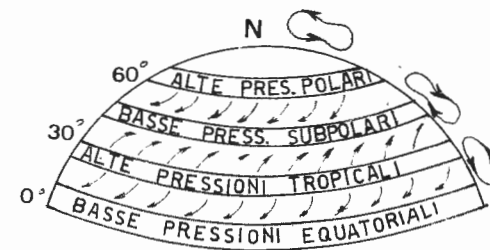



Fig. 72

diverse dà origine poi, ai seguenti "fronti" (Fig. 73):

- *fronte equatoriale*, si determina nella fascia equatoriale dall'incontro degli "alisei" dei due emisferi;
- *fronte tropicale*, si forma tra il 45° ed il 50° parallelo dall'incontro di aria di origine tropicale ed aria intermedia;
- *fronte artico*, è originato dall'incontro d'aria intermedia con aria artica, a latitudini più alte.

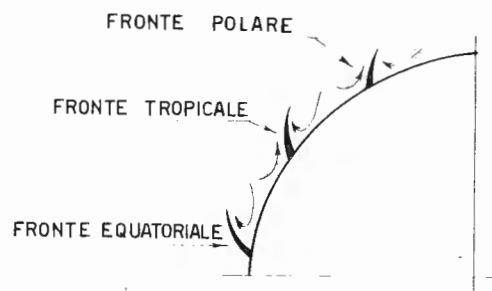



Fig. 73

PARTICOLARITA' SUGLI ALISEI E CONTROALISEI – MONSONI – BREZZE

Fanno parte della circolazione chiusa intertropicale i *controalisei* e gli *alisei*.

Controalisei – Sono venti che spirano intorno ai 4000/5000 m. di quota e si dirigono dall'equatore verso i poli (tropici), ma per effetto della rotazione della terra vengono deviati verso Est, in entrambi gli emisferi. La corrente dei controalisei, inizialmente calda, mentre si innalza si raffredda gradatamente per cui, ad un dato momento, inizia una lenta discesa tornando a contatto della superficie terrestre intorno al 30° parallelo, da dove riaffluisce verso l'equatore.

Alisei – La corrente verso il suolo che dai tropici si dirige verso l'equatore costituisce gli alisei, venti spiranti da Nord-Est nell'emisfero Nord e da Sud-Est nell'emisfero Sud. Gli alisei sono una importante classe di venti stazionari che sugli oceani hanno un andamento regolare e costante per tutto l'anno. La loro velocità è in media di circa 12 nodi.

Monsoni – I monsoni sono dei venti stagionali, essi infatti dipendono dal contrasto termico stagionale tra continenti e oceani. D'inverno i continenti, raffreddandosi, diventano sedi di aree di alta pressione, generando correnti di aria fredda che si sposta verso gli oceani. D'estate invece, sulle stesse zone continentali si formano aree di bassa pressione, per cui l'aria marina si sposta verso i continenti. I monsoni si espandono per grandi distanze e si elevano ad altezze rilevanti. Tuttavia tali venti sono ben localizzati, i più noti sono quelli dell'India e della Cina.

Brezza di terra e di mare – Sono venti locali caratteristici con direzione perpendicolare alle coste, provocati dalla diversità di temperatura, e quindi della pressione, che nelle diverse ore del giorno si stabilisce tra terra e mare. Durante il giorno la terra rispetto al mare è più calda, per cui l'aria sovrastante diviene più leggera, si eleva e viene rimpiazzata da aria più fredda proveniente dal mare; si ha così la *brezza di mare*, che si verifica dalle ore 10 alle 18 circa. Durante la notte si ha il fenomeno opposto, e si ha la *brezza di terra*, che si verifica dalle ore 21 alle 7 circa. Le brezze interessano una larga striscia con una profondità di circa 15 km. sul mare e nell'interno della terraferma.

L'aria proviene dal mare → brezza di mare
" " terra → brezza di terra

MASSE D'ARIA

Una massa d'aria può essere definita come una porzione di troposfera avente caratteristiche meteorologiche pressocchè omogenee, su una grande estensione che spesso raggiunge centinaia di migliaia di chilometri quadrati.

CLASSIFICAZIONE DELLE MASSE D'ARIA RISPETTO AL LUOGO D'ORIGINE

Artica	(origine entro il circolo polare)	artica marittima artica continentale
Intermedia	(origine tra il circolo polare e 35° di Lat.)	intermedia marittima intermedia continentale

Tropicale	(origine circa da 35° di Lat. a 15° di Lat.)	tropicale marittima tropicale continentale
Equatoriale	(origine fascia equatoriale)	equatoriale marittima equatoriale continentale

CLASSIFICAZIONE TERMODINAMICA DELLE MASSE D'ARIA

La classificazione termodinamica delle masse d'aria comprende i due seguenti tipi principali:

– *aria fredda*, ossia quando la sua temperatura è inferiore a quella della superficie sottostante, da cui assorbe calore;

– *aria calda*, quando la sua temperatura è maggiore di quella della superficie sottostante, a cui cede calore.

Ad ogni modo, in tale classificazione la caratteristica fondamentale non si riferisce tanto alla perdita o all'acquisto di calore da parte della massa d'aria a contatto con la superficie sottostante, quanto invece al generarsi od al conservarsi dello stato di stabilità o di instabilità dell'aria stessa.

PROPRIETA' DI UNA MASSA D'ARIA FREDDA

Quando una massa d'aria fredda lascia il luogo d'origine è caratterizzata da una struttura termica stabile, specie negli strati bassi, con un contenuto di vapore acqueo assai scarso e temperatura molto bassa. Per cui se si dirige verso zone dove la temperatura della superficie terrestre (suolo o mare) è superiore a quella del suo strato inferiore, essa si riscalda dal basso e diviene instabile generando: forte turbolenza, vento a raffiche, irregolari variazioni di temperatura, pressione e umidità. Le formazioni nuvolose sono del tipo cumoliforme, le precipitazioni si manifestano per lo più sotto forma di rovesci. L'aria fredda in genere è trasparente, quindi la visibilità è buona. Le nebbie sono scarse e quando si hanno sono dovute a irraggiamento. I disturbi elettrici sono frequenti e intensi.

PROPRIETA' DI UNA MASSA D'ARIA CALDA

Una massa d'aria calda nel suo luogo d'origine è caratterizzata da una struttura termica stabile, con un elevato contenuto di vapore acqueo ed una alta temperatura. Pertanto quando essa si dirige su regioni più fredde, si raffredda dal basso, divenendo più stabile. Quindi si avrà: minima turbolenza, vento senza raffiche, accentuato aumento della tempe ratura e dell'umidità. Le nubi sono stratificate, le precipitazioni assumono carattere leggero e continuo. Le nebbie sono frequenti e persistenti. La visibilità in genere è mediocre, i disturbi elettrici sono deboli e scarsi.

GENERALITA' SUI FRONTI

Quando due masse d'aria di caratteristiche diverse s'incontrano, esse tendono a non mescolarsi, ma rimangono divise da una striscia (o strato) dello spessore di qualche centinaio di metri, chiamata *superficie di discontinuità*, o superficie frontale o più semplicemente fronte. Intendesi infatti per fronte la traccia di una linea indicante la superficie di discontinuità intersecante il suolo. Ai fronti sono connesse le maggiori perturbazioni del tempo.

FRONTE CALDO

Un *fronte caldo* si genera quando dell'aria calda avanza verso una massa d'aria fredda che retrocede con una velocità di spostamento inferiore a quella dell'aria avanzante. L'aria calda, essendo più leggera di quella fredda è costretta a salire lungo la superficie frontale, ed innalzandosi si raffredda, raggiungendo ben presto il livello di condensazione che dà luogo in genere alla formazione di nubi stratificate che possono ricoprire una estensione di 800 - 1000 chilometri. Se la massa di aria calda si presenta molto umida ed instabile, accanto alle nubi stratiformi si formano anche nubi cumoliformi. In un fronte caldo, le precipitazioni, in genere continue, sono costituite da piogge e pioggerelle, e la loro zona si estende, dal fronte verso l'aria fredda, per circa 300 km. La serie caratteristica delle nubi può essere osservata anche 1500 km. prima del passaggio del fronte ed incomincia con i cirri, cirrostrati, altostrati, nembostrati.

La pressione subisce una diminuzione continua prima dell'arrivo del fronte, poi rimane costante. La temperatura, prima del fronte, aumenta lentamente, poi in maniera notevole. La visibilità è mediocre sia prima

che dopo il passaggio del fronte. Al passaggio del fronte, il vento ruota bruscamente in senso orario di 90°.

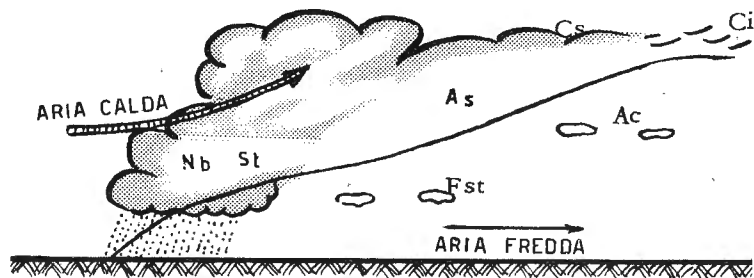



Fig. 74 - Fronte caldo

FRONTE FREDDO

Si ha un *fronte freddo* quando dell'aria calda viene bruscamente sollevata da una massa d'aria fredda avanzante che si apre la strada al di sotto della stessa aria calda prefrontale. Tale sollevamento dà origine allo sviluppo di nubi cumoliformi che possono ricoprire una estensione di 300 km. Le precipitazioni sono rappresentate da rovesci di pioggia, di grandine o di neve. La serie della nuvolosità comincia dapprima con i cirri, seguiti dagli altocumoli, dagli stratocumoli ed infine dai cumolinembi. La pressione è in continua diminuzione ed aumenta dopo il passaggio del fronte. Notevole il rinforzo dell'intensità del vento, che dopo il passaggio del fronte devia rapidamente verso destra. La visibilità, scarsa e mediocre davanti al fronte, diviene poi buona.

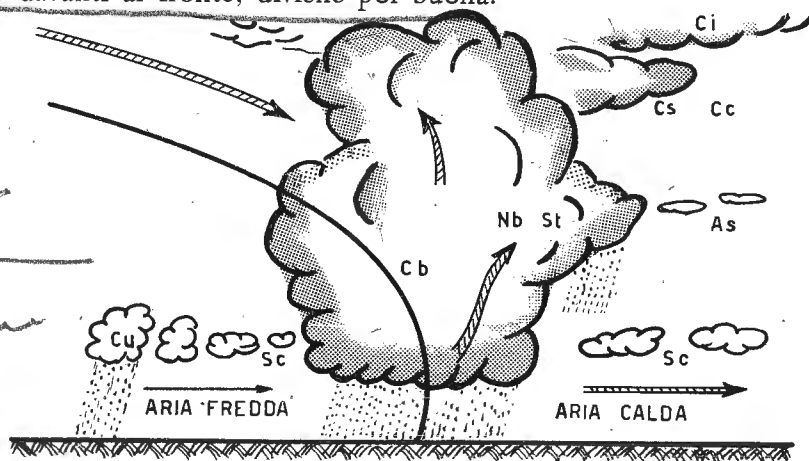



Fig. 75 - Fronte freddo

LINEE DI GROPPO

Le linee di groppo si hanno con fronti freddi dotati di rapido spostamento. Esse sono una sequenza ininterrotta di nubi cupe e minacciose (cumoli nembi) che si innalzano torreggianti sino ad una altezza di 12000 metri ed oltre, accompagnata da temporali di inaudita violenza; tali linee di groppo sono estremamente turbolente, capaci di distruggere un velivolo di medie proporzioni. Vista da terra una linea di groppo sembra un muro di nebbia nera, rotolante e ribollente. Il vento devia di direzione e la sua intensità aumenta rapidamente all'avvicinarsi di un groppo. Dietro le linee di groppo si hanno precipitazioni torrenziali che possono provocare delle repentine inondazioni.

FRONTE STAZIONARIO

Si dice che un fronte è stazionario quando rimane fermo, infatti, una delle più fastidiose caratteristiche di tale fronte è appunto il suo stazionamento per più giorni nello stesso luogo. In esso l'aria calda degli strati inferiori converge verso il fronte e si solleva lentamente lungo la superficie frontale originando conseguenti formazioni nuvolose. Se l'aria calda è stabile, le nubi del tipo stratificato possono dar luogo a precipitazioni leggere; se invece è instabile le nubi sono cumoliformi, o stratificate, ma con protuberanze cumoliformi con precipitazioni più violente e possibilità di eventuali temporali.

FRONTE OCCLUSO OD OCCLUSIONE

E' un tipo di fronte nel quale si hanno tre diverse masse d'aria. Esso si forma allorquando un fronte freddo che si sposta più rapidamente del fronte caldo che lo precede, raggiunge quest'ultimo facendo sollevare l'aria calda che in precedenza si interponeva fra i due fronti. L'occlusione può essere a carattere caldo ed a carattere freddo. La maggior parte delle occlusioni è accompagnata da estesa copertura nuvolosa, costituita sia da nubi stratiformi, sia da nubi cumoliformi.

OCCLUSIONE A CARATTERE CALDO

Si dice che l'occlusione è a carattere caldo se la temperatura della

massa d'aria fredda che raggiunge il fronte caldo è superiore alla temperatura dell'aria fredda verso cui si sposta; in tal caso la prima si solleva su quest'ultima.

Il fronte occluso caldo presenta le stesse caratteristiche del fronte caldo.

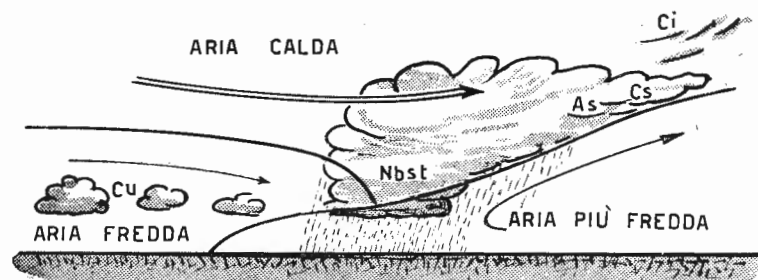



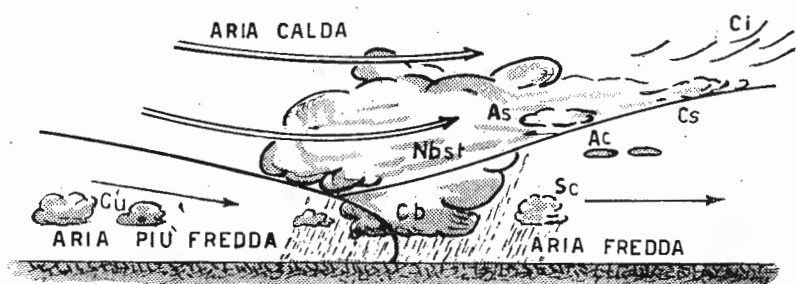
Fig. 76 - Occlusione a carattere caldo

OCCLUSIONE A CARATTERE FREDDO

Si dice che l'occlusione è a carattere freddo quando la temperatura della massa d'aria che raggiunge il fronte caldo è inferiore a quella dell'aria verso cui si sposta, e in tal caso la prima si incunea sotto quest'ultima.

Il fronte occluso freddo presenta all'incirca le stesse caratteristiche del fronte freddo.

Fig. 77 - Occlusione a carattere freddo

UMIDITA' DELL'ARIA

L'umidità rappresenta il quantitativo di vapore acqueo contenuto nell'atmosfera; esso può variare da un minimo che teoricamente è zero, ad un massimo che è assai variabile, in funzione della temperatura dell'aria stessa. L'aria calda può contenere più vapore acqueo di quella fredda. Quando l'aria possiede la massima quantità di vapore che può contenere ad una determinata temperatura, si dice *satura*. Se in una massa d'aria satura si diminuisce la temperatura o vi si immette altro vapore, una parte di questo non può più conservarsi gassoso, ma si condensa, passa cioè allo stato liquido e diventa visibile.

DEFINIZIONI CHE DETERMINANO IL GRADO DI UMIDITA'

Umidità assoluta (Ua) - E' la quantità di vapore acqueo, espressa in grammi, contenuta in un metro cubo di aria. grammi/m³

Umidità specifica (Us) - E' la quantità di vapore acqueo, espressa in grammi, contenuta in un chilogrammo d'aria. Tale quantità di vapore acqueo, ad una determinata pressione, è variabile, come è già stato detto, da un minimo che teoricamente è zero ad un massimo che dipende dalla temperatura dell'aria stessa. La massima quantità di vapore che l'aria può contenere viene definita *umidità specifica massima* **(Umx)**.
Nella seguente tabella sono riportati i valori dell'umidità specifica massima per alcune temperature dell'aria (a pressione normale):

Temperatura in °C	−10°	0°	10°	20°	30°	40°
gr. per kg.	1,7	3,6	7,2	13,6	25,0	45,0

grammi/Kg

Umidità relativa (Ur) - E' il rapporto, in percentuale, fra la quantità di vapore acqueo realmente contenuto nell'atmosfera (Us) e la quantità massima che potrebbe esservi contenuta (Umx), alla stessa temperatura e pressione, per divenire satura. Ne consegue pertanto, che essa può essere dedotta dividendo Us per Umx e moltiplicando il quoziente per 100.

– Esempio: se in una massa d'aria alla temperatura di 30°C vi sono *effettivamente contenuti* gr. 13,6/kg. di vapore acqueo, la sua umidità relativa sarà:

$$Ur = \frac{Us \times 100}{Umx} \rightarrow Ur = \frac{13.6 \times 100}{25} = 54\%$$

Se il contenuto di vapore acqueo aumentasse, per una qualsiasi causa, fino a 25,0 gr/kg., la suddetta massa d'aria raggiungerebbe la saturazione.

Inoltre diverrebbe ugualmente satura se la temperatura diminuisse fino a 20°, in quanto i 13,6 gr/kg. di vapore acqueo per questa temperatura costituiscono il massimo contenuto (umidità specifica massima).
L'umidità relativa è il valore che maggiormente si presta a rappresentare il grado di umidità dell'atmosfera, perchè permette di stabilire quando una massa d'aria è più o meno lontana dalla saturazione.

Temperatura di rugiada - E' quella temperatura alla quale, mantenendo costante la pressione, si deve portare una massa d'aria affinchè essa diventi satura senza che condensi. Come è già stato specificato prima, ad ogni determinata temperatura corrisponde una determinata umidità di saturazione. Se si scende poi al di sotto della temperatura di rugiada, l'ulteriore raffreddamento comporta condensazione.

In considerazione di ciò si possono verificare i seguenti casi:

- non si ha saturazione quando la temperatura ordinaria dell'aria è più elevata della temperatura di rugiada;
- si ha aria satura quando temperatura ordinaria e temperatura di rugiada coincidono;
- si verifica condensazione del vapore acqueo contenuto nell'aria quando la temperatura ordinaria scende al di sotto della temperatura di rugiada.

La temperatura di rugiada è particolarmente importante per i piloti in quanto permette di prevedere la formazione della nebbia.
Si fa notare che quando la temperatura di rugiada è inferiore a 0°, si ha la formazione di *brina.*

MISURA DELL'UMIDITA'

Per le misurazioni correnti dell'umidità vengono comunemente usati lo *psicrometro* e l'*igrometro a capelli.*

Psicrometro

E' costituito da due normali termometri a mercurio opportunamente fissati ad un sostegno. Il bulbo di uno dei due termometri viene avvolto in una garza bagnata con acqua pura; l'evaporazione di quest'acqua farà abbassare la temperatura del termometro a bulbo bagnato, e la farà abbassare tanto più quanto maggiore è l'evaporazione, cioè quanto più

secca è l'aria ambiente.
La differenza di temperatura indicata dai due termometri consente, mediante la consultazione di opportune tabelle, di determinare l'umidità relativa e la temperatura di rugiada.

Igrometri a capello

E' uno strumento che si avvale della ben nota proprietà dei capelli digrassati di allungarsi od accorciarsi a seconda che aumenti o diminuisca l'umidità dell'aria in cui sono immersi. Pertanto, conoscendo l'entità secondo cui varia la lunghezza dei capelli al variare dell'umidità, è possibile risalire alla misura dell'umidità dell'aria in esame.

FORMAZIONE DELLE NUBI

Quando l'aria si raffredda al di sotto della temperatura di rugiada, il vapore acqueo in essa contenuto condensa, formando ammassi visibili di minutissime goccioline d'acqua che restano sospese nell'aria e secondo la distanza dal suolo, assumono il nome di nubi o nebbia. Tale fenomeno è chiaramente visibile con la nuvoletta che si origina quando il fiato tiepido e umido viene a contatto con la fredda aria invernale.

La condensazione nell'atmosfera viene agevolata dai *nuclei di condensazione*, che forniscono una superficie d'appoggio alle goccioline di acqua. Tali nuclei sono rappresentati dal pulviscolo atmosferico.

Le cause che possono portare la temperatura dell'aria al di sotto della temperatura di rugiada sono:

a) mescolamento di due masse d'aria con un diverso valore di temperatura;

b) irraggiamento;

c) avvezione;

d) raffreddamento adiabatico (*), dovuto a:
1) sollevamento orografico;
2) convezione;
3) scorrimento ascendente;
4) sollevamento dovuto ad un fronte.

Normalmente, il raffreddamento causato da *a), b), c)*, dà luogo a formazioni di nebbia, mentre le nubi, di solito, si generano per una delle quattro cause elencate in *d)*.

(*) Il raffreddamento adiabatico è il valore di decremento di temperatura che si verifica in una massa d'aria quando sale, senza scambio di calore con l'aria circostante.

CLASSIFICAZIONE DELLE NUBI

Come è già stato detto, i fenomeni più vistosi di condensazione del vapore acqueo nell'atmosfera sono: la *nebbia* e le *nubi*.

Le nubi possono essere costituite interamente da goccioline d'acqua o da cristalli di ghiaccio o da un loro miscuglio. Le forme che possono assumere le nubi sono innumerevoli, tuttavia, internazionalmente, sono state classificate in 10 tipi principali, e suddivise in 4 categorie, come da seguente specchietto:

Categoria	Livello medio		Tipo
NUBI ALTE	Base:	6000 m.	1) Cirri 2) Cirrocumoli 3) Cirrostrati
NUBI MEDIE	Sommità: Base:	6000 m. 2000 m.	4) Altocumoli 5) Altostrati
NUBI BASSE	Sommità: Base:	2000 m. vicino al suolo	6) Strati 7) Stratocumoli 8) Nembostrati
NUBI A SVILUPPO VERTICALE	Sommità: Base:	11 000 m. vicino al suolo	9) Cumoli 10) cumolinembi

SPESSORI DELLE NUBI

Gli spessori medi delle nubi sono:

cirri: talvolta anche più di 3 km.

altocumoli: da 500 a 1500 m.
altostrati: da 1500 a 2000 m.
nembostrati: da 2000 a 5000 m.
stratocumoli: da 600 a 1200 m.
strati: da qualche decina a qualche centinaio di metri.
cumoli: da qualche decina di metri a 5000 m., a seconda dello stadio di sviluppo.
cumolinembi: da 5000 a 12000 m.

NUBI STRATIFORMI E NUBI CUMOLIFORMI

Le nubi si suddivisono poi in due grandi categorie: *stratiformi* e *cumoliformi.*

Le prime si presentano simili ad immensi lenzuoli e possono ricoprire zone molto vaste, con estensioni di centinaia di chilometri. Le nubi cumoliformi sono sparse e localizzate, e ricoprono zone molto più ristrette. Dalle nubi stratificate di solito si ha pioviggine a carattere persistente. Le cumoliformi possono dare precipitazioni d'intensità e durata molto più variabili. Sia nelle une che nelle altre è facile trovare le condizioni che possono causare depositi di ghiaccio sui velivoli, tuttavia le formazioni di ghiaccio più pericolose si possono avere nelle nubi cumoliformi.

GENERALITA' SULLE NUBI TEMPORALESCHE

La nube temporalesca è il *cumolonembo*, sede di violente correnti verticali; produce rovesci di pioggia, grandine e scariche elettriche.

EFFETTO STAU e FOEHN

Quando l'aria nel suo movimento incontra sistemi montuosi ed è costretta a sollevarsi per superarli, si raffredda *adiabaticamente*.

Tale raffreddamento dà origine alla condensazione ed alla conseguente formazione di nubi (cumoli orografici) accompagnate per lo più da abbondanti precipitazioni nel versante sopravento. Questo fenomeno viene chiamato *effetto STAU*. Una volta superata la vetta, l'aria ridiscende il sottovento riscaldandosi adiabaticamente, pertanto in questo versante

rispetto alla stessa quota del sopravento si avrà aria più calda e più secca, e quindi una visibilità migliorata, una temperatura più alta, ed una base delle nubi più alta, *effetto FOEHN* (fig. 78).

Fig. 78

NEBBIA

La nebbia non è che una nube la cui base è in prossimità del suolo. Riduce la visibilità a meno di 1 km., e talvolta praticamente a zero. La nebbia può essere di "irraggiamento", di "avvezione" o di "rimescolamento".

Nebbia di irraggiamento - Si forma quando sussistono le seguenti condizioni: umidità dell'aria abbastanza alta, intenso raffreddamento notturno del suolo dovuto all'irraggiamento (la calma di vento ed il cielo sereno favoriscono tale raffreddamento). Dopo il tramonto del sole, la terra raffreddandosi sempre di più, raffredda anche lo strato di aria sovrastante più vicino e se la temperatura si abbassa al di sotto del punto di rugiada, tale aria condensa e si forma la nebbia.
Questo tipo di nebbia di solito può apparire poco dopo il tramonto, ma è a notte inoltrata e generalmente alle prime ore del mattino che diventa più densa, per scomparire qualche ora dopo la levata del sole. La nebbia di irraggiamento può oscillare da qualche metro fino a 250÷350 m. di altezza.

Nebbia di avvezione o di trasporto - Si forma quando dell'aria più calda e umida scorre su una superficie più fredda. Questo tipo di nebbia dura più a lungo e raggiunge un'altezza maggiore di quella d'irraggiamento; inoltre si differenzia ancora da quest'ultima, perchè si può trovare sia

di giorno che di notte e con vento che può raggiungere anche una forte intensità.

Nebbia di rimescolamento - Si genera dal miscuglio di due masse d'aria contigue a differente temperatura ed umidità.

DIVERSITA' TRA GRADIENTI

Gradiente Termico Normale - E' già stato detto che il gradiente termico normale è la diminuzione di temperatura che si verifica nell'atmosfera con l'aumentare della quota. Il valore di tale decremento è estremamente variabile da luogo a luogo, e nel tempo; tuttavia si può ammettere che in media la temperatura dell'aria in quiete diminuisce in ragione di 0,6°C per ogni 100 m. di altezza.

Gradiente Adiabatico - E' il valore di decremento o incremento di temperatura che si verifica in una massa d'aria quando sale o discende. E' noto infatti che i gas aumentano la temperatura quando vengono compressi e la diminuiscono quando si espandono. Nell'atmosfera l'espansione avviene quando l'aria sale mentre la compressione avviene nel caso contrario. Poichè l'aria è cattiva conduttrice di calore, si può ritenere che le variazioni di temperatura conseguenti a tali movimenti verticali avvengono con *trasformazione adiabatica*, cioè senza scambio di calore con l'aria circostante.

Il gradiente adiabatico si suddivide in:

- gradiente adiabatico secco
- gradiente pseudo adiabatico.

Gradiente adiabatico secco (o meglio: in aria non satura)
Quando l'aria sale finchè non è satura si raffredda costantemente di 1° ogni 100 m. di salita.
Questo valore di decremento di temperatura per ettometro di ascesa dicesi gradiente adiabatico secco. 1° x 100 m g. ad. secco

Gradiente pseudo-adiabatico.
Il raffreddamento adiabatico di una massa d'aria in movimento verso l'alto può portarla alla saturazione e successiva condensazione. Da tale momento, il raffreddamento che accompagna l'ulteriore espansione si

attenua perchè interviene il *calore latente** di condensazione che mitiga la diminuzione di temperatura. Infatti il valore del gradiente pseudo-adiabatico è di 0,5°C. per ogni 100 m, che è esattamente la metà del valore del gradiente adiabatico secco.

STABILITA' ED INSTABILITA' DELL'ATMOSFERA

Dal confronto dei valori del gradiente adiabatico e del gradiente termico normale effettivo, si può dedurre lo stato di equilibrio dell'atmosfera, che può essere:

- equilibrio indifferente
- equilibrio stabile
- equilibrio instabile

Equilibrio indifferente

L'atmosfera è in equilibrio quando il gradiente termico normale effettivo è uguale al gradiente adiabatico secco: infatti, in tal caso, supponendo una massa d'aria ascendente essa si troverebbe ad ogni livello alla stessa temperatura dell'aria circostante, quindi con la medesima densità, e perciò in equilibrio.

Equilibrio instabile

L'atmosfera è in equilibrio instabile se il gradiente termico normale effettivo è maggiore del gradiente adiabatico secco. In tal caso infatti, se una massa d'aria si solleva, arriva ad ogni livello con una temperatura più elevata dell'aria attraversata, per cui sarà meno densa di questa e tenderà quindi a salire ulteriormente.

Equilibrio stabile

L'atmosfera è in equilibrio stabile se il gradiente termico normale effettivo è minore del gradiente adiabatico secco; in questo caso infatti, se una massa d'aria inizia un movimento verso l'alto, si troverà circondata da aria meno fredda, per cui essendo essa più densa di questa tenderà a scendere per riguadagnare l'equilibrio.

* Ben nota quantità di calore che cede l'acqua nel condensare.

STABILITA' ED INSTABILITA' DELL'ARIA SATURA

Tutte le considerazioni fatte per l'aria secca valgono anche per l'aria satura; naturalmente, in questo caso il confronto del gradiente termico normale effettivo viene fatto rispetto al gradiente pseudo-adiabatico, anzichè col gradiente adiabatico secco.

INSTABILITA' CONDIZIONALE DELL'ATMOSFERA

Il caso più frequente e più interessante è che la diminuzione di temperatura con l'aumentare della quota, misurata in atmosfera in quiete, sia inferiore al gradiente adiabatico secco e superiore al gradiente pseudo-adiabatico; in questo caso l'atmosfera è stabile per l'aria secca ed è instabile per l'aria satura.

FORMAZIONI DI GHIACCIO

Le formazioni di ghiaccio sugli aeromobili causano, a seconda dei casi, aumento di resistenza, perdita di portanza, riduzione dell'efficienza delle eliche, difficoltà di manovra, errate indicazioni del Pitot.

I depositi di ghiaccio si possono verificare tanto in atmosfera serena quanto nelle nubi e nella pioggia. Il dato principale di cui si dispone per individuare le zone dove esiste il rischio di far ghiaccio è lo *zero termico* (isoterma 0°).

Si può far ghiaccio con temperature comprese tra 0° e −40°, tuttavia i depositi più importanti si hanno volando dentro le nubi o nella pioggia a temperature tra 0° e −15°.

I tipi fondamentali di ghiaccio, in ordine di pericolosità crescente, sono:

- il brinoso
- l'opaco
- il vitreo

Brinoso - deriva da sublimazione, cioè il vapore acqueo contenuto nell'atmosfera passa direttamente allo stato solido, sotto forma di un leggero strato bianco di cristalli. Questa formazione di ghiaccio si riscontra in

aria serena allorchè un aereo scende rapidamente da uno strato d'aria fredda in uno strato d'aria calda e umida. Inoltre si forma spesso anche a terra, quando il velivolo viene lasciato all'aperto nelle notti umide e fredde.

Opaco - di solito è ruvido, spugnoso e discontinuo: si forma quando minutissime gocce d'acqua *soprafusa* (*) solidificano istantaneamente all'urto col velivolo. Le condizioni favorevoli per la formazione del ghiaccio opaco sono pioviggine, nubi stratificate e temperatura molto bassa, inferiore ai −10°C.

Vitreo (Vetrone) - è trasparente, massiccio, molto aderente e resistente. Si forma quando gocce d'acqua sopraffusa, relativamente grosse, non congelano subito all'urto, ma fanno in tempo ad espandersi sulla superficie urtata prima di solidificare. Le condizioni favorevoli per la formazione di tali tipo di ghiaccio sono pioggia intensa, nubi cumoliformi, temperatura compresa tra 0° e −10°C.

METODI ANTIGHIACCIO

Metodo Chimico - consiste nell'umettare la parte soggetta a ghiacciamento con liquidi anticongelanti (alcool, glicol, ecc.) che forniscono una superficie non adesiva al ghiaccio. Tale metodo è molto usato per le eliche.

Metodo Termico - gas combusti caldi o resistenze elettriche che forniscono calore sufficiente per mantenere una temperatura positiva sulle parti del velivolo soggette a ghiacciamento.

Metodo Meccanico - si tratta quasi sempre dell'applicazione sui bordi d'attacco delle ali di pneumatici di gomma che vengono automaticamente e periodicamente gonfiati e sgonfiati. Le pulsazioni ritmiche di tali pneumatici consentono di staccare il ghiaccio già formatosi sulle ali.

(*) L'acqua che pur avendo temperatura inferiore a 0°C è ancora liquida, dicesi sopraffusa.

GHIACCIO AL CARBURATORE

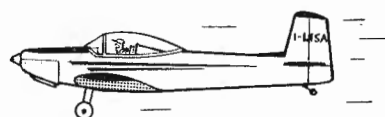
Il ghiaccio al carburatore lo si può distinguere nei seguenti due tipi:
- *d'impatto*
- *di raffreddamento*

Ghiaccio d'impatto

E' quello che si forma sulle strutture del velivolo: solo che in questo caso specifico tende a formarsi sulla presa d'aria del carburatore e bloccarla. Il rimedio consiste in uno schermo antighiaccio montato davanti alla presa d'aria stessa.

Ghiaccio di raffreddamento

L'evaporazione della benzina e l'espansione dell'aria nell'interno del carburatore abbassano la temperatura di oltre 15°C rispetto a quella dell'aria esterna. Pertanto può accadere che in seguito a tale raffreddamento il vapore acqueo contenuto nell'aria aspirata congeli, dando luogo a particolari pericolose formazioni di ghiaccio. Tale tipo di ghiaccio si può verificare volando anche in aria serena con temperatura dell'aria esterna notevolmente superiore a quella del gelo. Per esempio, se il carburatore di un motore subisce una diminuzione di temperatura di 15°C e si ha una temperatura dell'aria esterna di +11°C, al carburatore risulterà una temperatura effettiva di −4°C, con serio pericolo di formazione di ghiaccio. Il rimedio a disposizione del pilota è l'uso del riscaldamento al carburatore, col quale può regolare la temperatura del carburatore stesso. Le maggiori possibilità di ghiaccio si verificano quando il tempo è umido e piovoso, con temperatura dell'aria esterna compresa tra −5° e +16°C. Con temperatura dell'aria esterna inferiore a −10°C il pericolo di ghiaccio risulta diminuito, ma non impossibile, perchè la quantità di vapore acqueo contenuta nell'atmosfera in tali condizioni è piccolissima.

COPERTURA DEL CIELO		NUBI		
Sereno			Ci	Cirri
1/8 di copertura			Cc	Cirrocumoli
2/8 di copertura			Cs	Cirrostrati
3/8 di copertura			Ac	Altocumoli
4/8 di copertura			As	Altostrati
5/8 di copertura			Ns	Nembostrati
6/8 di copertura			Sc	Stratocumoli
7/8 di copertura		---	St	Strati
8/8 - tutto coperto			Cu	Cumoli
Cielo invisibile			Cb	Cumolonembi

I - OTTO
I - PIMA
I - STOP
I - SURD

STATO DEL TEMPO

- Pioviggine
- Pioggia
- Neve
- Rovesci
- Grandine
- Temporale
- Nebbia
- Caligine
- Lampi

INTENSITA' DEL VENTO

5 Kts	30 Kts
15 Kts	45 Kts
25 Kts	50 Kts
55 Kts	60 Kts

TRACCIAMENTO DEI FRONTI

Fronte freddo

linea continua "blu"

linea dentellata "blu"

Fronte caldo

linea continua "rossa"

linea a pallottoline "rossa'

Fronte occluso

linea continua "amaranto"

linea con dentellatura alternata a pallottoline "amaranto"

COLORAZIONE DELLE ZONE DI MALTEMPO

I fenomeni meteorologici osservati con continuità in una determinata area vengono posti in rilievo sulle carte meteorologiche mediante opportuna colorazione.

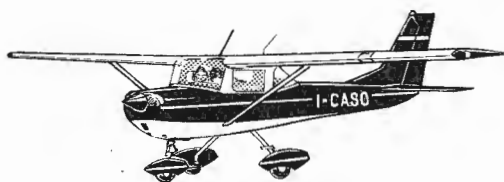
I colori usati sono:

verde chiaro per le aree di pioggia

verde scuro per le aree di neve

giallo per le aree di nebbia

CERCHIO DI STAZIONE

Sulle carte del tempo i dati di una stazione meteorologica vengono rappresentati graficamente mediante opportuni simboli che permettono di concentrare il messaggio in uno spazio assai ristretto, chiamato "cerchio di stazione".

ORGANIZZAZIONE DEL SERVIZIO METEOROLOGICO

L'assistenza meteorologica per l'Aviazione Civile è assicurata dalla Aeronautica Militare Italiana, che vi provvede mediante l'Ispettorato delle Telecomunicazioni e dell'Assistenza al Volo (I.T.A.V.).

Numerose stazioni meteorologiche a terra e su navi selezionate, compiono durante la giornata, a prestabiliti intervalli di tempo, osservazioni meteorologiche simultanee che comprendono i seguenti elementi: nuvolosità e specificazione del tipo delle nubi al momento dell'osservazione; direzione e intensità del vento al suolo; visibilità orizzontale; stato del tempo al momento dell'osservazione (nebbia, pioggia, temporale, sereno, ecc.); pressione atmosferica; temperatura; umidità; tempo passato (ossia le condizioni del tempo durante l'intervallo trascorso dall'ultima osservazione).

Le predette osservazioni, sotto forma di messaggi cifrati, convergono ai centri regionali di ascolto, dai quali vengono ritrasmesse ad un centro nazionale. Da questo centro, in virtù di opportune convenzioni, il complesso dei messaggi meteorologici viene ritrasmesso ad altri paesi, per uno scambio internazionale. In tal modo ogni servizio meteorologico nazionale può disporre della quantità di dati sufficienti per compilare le carte del tempo di un intero emisfero.

UFFICI METEOROLOGICI - TIPO DI ASSISTENZA FORNITA - CARTELLI DI ROTTA

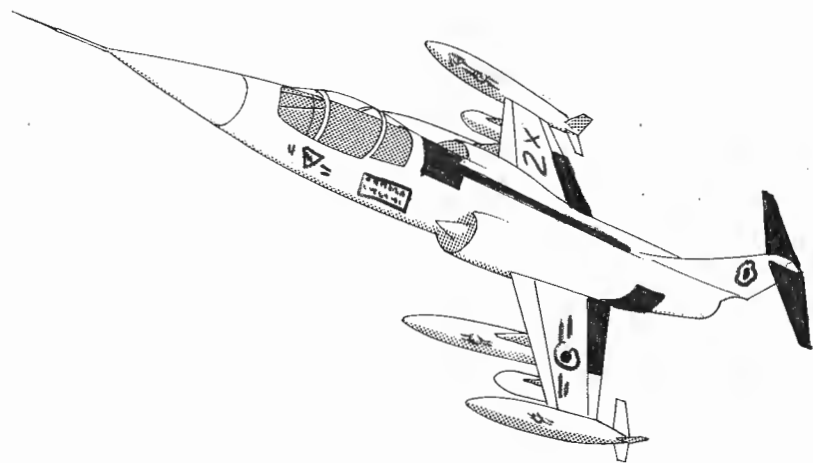
Gli Uffici meteorologici preposti per l'assistenza alla navigazione aerea, a seconda delle funzioni che svolgono, si suddividono in:

Ufficio Meteorologico Principale	**(MMO)**	Milano - Linate Roma - Fiumicino Brindisi
Ufficio Meteorologico Secondario	**(DMO)**	sono elencati nell'A.I.P., Parte MET 2^.
Ufficio Meteorologico Supplementare	**(SMO)**	sono elencati nell'A.I.P., Parte MET 2^.

Ufficio di Veglia Meteorologica (MWO) Milano - Linate
Roma - Fiumicino
Brindisi

Presso gli Uffici Meteorologici Principali e quelli Secondari viene fornita al pilota, da parte di un meteorologo previsore, l'esposizione verbale della situazione meteorologica (*briefing*) e la relativa documentazione sulle condizioni del tempo per il volo programmato. Detta documentazione comprende carte meteorologiche e la compilazione dei "cartelli di rotta" (mod. 21 SMA per le rotte nazionali, e mod. 40 SMA per le rotte internazionali), su cui sono riportate tutte le indicazioni riguardanti le previsioni di rotta, con particolare riferimento all'intensità e movimento dei fronti, alla turbolenza, formazioni di ghiaccio, vento, visibilità e nuvolosità, ecc.; previsioni per gli aeroporti di destinazione e quelli alternati.

Gli Uffici Supplementari forniscono soltanto la documentazione per il volo ed altre eventuali informazioni sulla base di notizie ricevute dall'Ufficio Meteorologico Principale o da quello Secondario cui sono associati.

Gli Uffici di Veglia Meteorologica assicurano in permanenza il servizio di assistenza meteorologica di regione ai velivoli nelle rispettive F.I.R.

DIRITTO

DIRITTO AERONAUTICO

Per *diritto aeronautico*, si intende il complesso delle norme e disposizioni emanate per disciplinare tutte le attività inerenti all'esercizio del volo.

In Italia le norme tutt'ora vigenti sono:

– il *Codice della Navigazione Aerea*, del marzo 1942;
– il *Regolamento della Navigazione Aerea*, del gennaio 1925.

Inutile dire che la legislazione in parola presenta molte lacune, tanto da non essere più adeguata alle attuali esigenze. Infatti non vi è chi non veda l'assurdità del fatto che la materia del Codice che disciplina l'ordinamento della Navigazione Aerea, sia regolamentata da norme complementari molto più vecchie.

Le norme più recenti del diritto aeronautico internazionale sono state stabilite dalla *Convenzione di Chicago* del dicembre 1944, da cui ebbe origine l'*Organizzazione Internazionale dell'Aviazione Civile* (O.A.C.I.), che ha sede permanente a Montreal, della quale oggi fanno parte quasi tutte le nazioni del mondo. L'Italia vi ha aderito nel 1948, e non ha adottato integralmente le norme previste dalla suddetta Convenzione di Chicago, che contempla 96 articoli più 15 *allegati* o *annessi*. Questi ultimi trattano i seguenti argomenti:

1 – Licenze del Personale;
2 – Regole dell'aria;
3 – Codici meteorologici;
4 – Carte aeronautiche;
5 – Unità di misura nelle comunicazioni aria-terra;
6 – Impiego tecnico degli aeromobili da trasporto internazionale;
7 – Marche di nazionalità e di immatricolazione degli aeromobili;
8 – Rilascio dei certificati di navigabilità;
9 – Facilitazione al trasporto aereo internazionale;
10 – Telecomunicazioni aeronautiche;
11 – Servizio della circolazione aerea;
12 – Ricerche e soccorso;
13 – Inchieste sugli incidenti di volo;
14 – Aerodromi;
15 – Servizio Informazioni Aeronautiche.

LIBERTA' DELL'ARIA

La Convenzione di Chicago, al fine di favorire la circolazione aerea internazionale, ha cercato di dare agli Stati contraenti la maggior liberalizzazione dello spazio aereo, per cui in tale occasione furono proposte le seguenti *Cinque libertà dell'aria:*

Prima - Riconosce ai velivoli civili degli Stati contraenti, purchè non abbiano scopi commerciali, il diritto di sorvolare il territorio di un altro Stato contraente, senza atterrarvi.

Seconda - Riconosce agli aeromobili civili degli Stati contraenti il diritto di atterrare sul territorio di un altro Stato contraente, semprechè non vi siano scopi commerciali.

Terza - Riconosce il diritto di sbarcare, nel territorio di un altro Stato contraente, passeggeri, posta e merci imbarcati nel territorio dello Stato di cui l'aeromobile ha la nazionalità.

Quarta - Riconosce il diritto d'imbarcare nel territorio di un altro Stato contraente passeggeri, posta e merci destinati in territorio dello Stato di cui l'aeromobile ha la nazionalità.

Quinta - Riconosce il diritto d'imbarcare, nel territorio di un altro Stato contraente, passeggeri, merci e posta destinati in territorio di un qualsiasi altro terzo Stato. Inoltre riconosce il diritto ad un aeromobile di sbarcare nel territorio di uno Stato contraente, posta, passeggeri e merci provenienti dal territorio di un qualunque altro terzo Stato.

Si precisa però, che solo le prime due libertà, quelle cioè relative al traffico non di linea, sono state accettate da tutti gli Stati contraenti, mentre le altre tre, dette commerciali, sono rese attuabili solamente previ accordi bilaterali fra Stato e Stato.

ORGANISMI CHE VIGILANO SULLA NAVIGAZIONE AEREA IN ITALIA

In italia sovraintende all'organizzazione della navigazione aerea il Ministero dei Trasporti e dell'Aviazione Civile, che si avvale della dipendente Direzione Generale dell'Aviazione Civile, a cui fanno capo i tre *Compartimenti* di traffico aereo di Milano, Roma e Bari e le 24 circoscrizioni aeroportuali.

REGIME GIURIDICO DELLO SPAZIO AEREO

Lo spazio aereo, benchè fisicamente indivisibile, in base al vigente Diritto Aeronautico Internazionale, comporta delle divisioni, ed ogni Stato vanta dei diritti ben precisi sulla porzione di spazio atmosferico corrispondente al suo territorio e su quello sovrastante le relative acque territoriali; sicchè si devono immaginare nello spazio aereo delle frontiere corrispondenti a quelle terrestri.

SOVRANITA'

Ogni Stato ha la completa ed esclusiva sovranità sullo spazio aereo sovrastante il proprio territorio. Vale a dire: la potestà di dettare norme per il regolamento della circolazione aerea sul proprio territorio e di far rispettare tali norme, e di giudicare su tutti i rapporti nascenti da tale attività (competenza dei propri tribunali).

DIVIETI DI SORVOLO

Ogni Stato può, per motivi di carattere militare, di sicurezza pubblica o segretezza, limitare o proibire il sorvolo di certe aree del proprio territorio. Pertanto, vi sono *zone permanentemente vietate* alla circolazione aerea e *zone temporaneamente vietate.*

AEROMOBILI

Per *aeromobile* si intende qualsiasi macchina che, utilizzando il sostentamento statico e dinamico dell'aria, sia atta a navigare e trasportare cose e persone.

Gli aeromobili possono essere più leggeri dell'aria, *"aerostati"*, o più pesanti dell'aria, *"aerodine"*.

RAN → amministrativo

In base al loro impiego sono suddivisi nelle seguenti tre categorie:

- *normale;*
- *speciale;*
- *acrobatica.*

Gli aeromobili si dividono poi in due grandi categorie: *aeromobili di Stato* ed *aeromobili privati.*

Fanno parte dei primi, gli aerei militari e quelli adibiti al servizio di polizia, di dogana o ad altro servizio di Stato.

Gli aeromobili privati a loro volta sono così classificati:

- *aeromobili da trasporto pubblico;*
- *aeromobili da lavoro aereo e scuola;*
- *aeromobili da turismo.*

NAZIONALITA' DEGLI AEROMOBILI

Gli aeromobili hanno la nazionalità dello Stato in cui sono registrati, pertanto possono essere registrati in un solo Stato, però la loro registrazione può essere trasferita da uno Stato all'altro.

L'eventuale iscrizione di un aeromobile italiano in un Registro straniero o la perdita di nazionalità da parte del proprietario dell'aeromobile stesso, comporta la perdita dei requisiti di nazionalità e quindi la cancellazione dai nostri registri di iscrizione.

REGISTRO AERONAUTICO NAZIONALE R.A.N.

E' l'organo amministrativo che ha sede presso il Ministero dei Trasporti e Aviazione Civile, e provvede al rilascio del *Certificato di immatricolazione*, che sancisce la nazionalità dell'aeromobile e ne permette la circolazione aerea.

All'atto della immatricolazione il R.A.N. attribuisce all'aeromobile una *marca di nazionalità*, che per l'Italia è la lettera " I ", ed una *marca di immatricolazione* costituita da quattro lettere dell'alfabeto. Pertanto, ogni aeromobile viene ad avere un *nominativo* composto da cinque lettere; nella formazione di tale nominativo sono esclusi alcuni gruppi di lettere come SOS, PAN, XXX, che possono ingenerare confusioni trat-

RAI → Tecnico

tandosi di segnali di soccorso o urgenza.

Altra funzione del Registro Aeronautico Nazionale è quella di fungere come un vero e proprio Pubblico Catasto dell'Aviazione Civile, registrando i passaggi di proprietà, ipoteche, dichiarazioni di esercenza e cambi di base.

CERTIFICATO DI IMMATRICOLAZIONE

Come è già stato detto, il Certificato di immatricolazione viene rilasciato dal R.A.N.

Su tale documento figurano:

- nominativo dell'aereo;
- nominativo del proprietario;
- aeroporto di residenza abituale;
- numero distintivo e data di rilascio.

Su di esso vengono inoltre annotati gli eventuali passaggi di proprietà, i cambi di base, le eventuali ipoteche e dichiarazioni di esercenza.

Il Certificato di immatricolazione non scade mai, però decade, in caso di distruzione o demolizione dell'aereo, di vendita dello stesso all'estero, oppure per perdita di nazionalità da parte del proprietario.

REGISTRO AERONAUTICO ITALIANO - R.A.I.

E' un organo tecnico che rilascia il *Certificato di Navigabilità*, documento attestante che l'aeromobile ha superato favorevolmente le prove ed i controlli tecnici, per permettere ad esso di volare.

Il R.A.I. provvede inoltre, mediante i suoi esperti, alle seguenti incombenze:

- rinnovo dei certificati di navigabilità quando questi siano scaduti;
- collaudo ed omologazione dei nuovi tipi d'aereo;
- approvazione progetti di costruzioni aeronautiche;
- sorveglianza e controllo sui lavori di riparazioni e modifiche apportate ai velivoli.

CERTIFICATO DI NAVIGABILITA'

Il certificato di navigabilità è il documento rilasciato dal R.A.I., che

riporta la classificazione e la categoria d'impiego dell'aeromobile, i dati tecnici principali e caratteristici del medesimo: peso a vuoto, carico utile, peso totale massimo, ecc. Su di esso figurano inoltre, il nominativo del proprietario. il numero distintivo e la data di rilascio.

La validità del certificato di navigabilità varia in funzione della classificazione degli aeromobili, e cioè:

- *3 mesi per i velivoli da trasporto o di linea;*
- *6 mesi per i velivoli di scuola o lavoro aereo;*
- *1 anno per i velivoli da turismo.*

Il certificato di navigabilità cessa di essere valido, oltre che per il mancato rinnovo, anche nel caso che il velivolo prima della scadenza subisca avarie od incidenti di volo, od in caso di atterraggio fuori campo, oppure in caso di acrobazie effettuate con aeromobile non classificato acrobatico.

Tale documento cessa di esistere con la distruzione del velivolo o con la vendita del medesimo all'estero.

DOCUMENTI DI BORDO

Oltre al *certificato di navigabilità* ed a quello di *immatricolazione*, gli altri documenti che debbono seguire sempre l'aeromobile sono:

- *Giornale di Rotta*
- *Nota di Assicurazione.*

Il **GIORNALE DI ROTTA** è di particolare importanza, specie per la navigazione di linea.

Su questo documento vengono annotate le località di partenza e di arrivo, la rotta seguita, gli incidenti occorsi all'aeromobile, e tutti i fatti salienti avvenuti a bordo, Pertanto, su di esso verranno registrate le eventuali nascite o morti avvenute a bordo, i testamenti ricevuti ed i matrimoni celebrati in extremis, le scomparizioni avvenute ed i reati commessi durante la navigazione. Il Comandante dell'aeromobile, che è responsabile della tenuta del Giornale di rotta, deve denunciare subito dopo l'atterraggio gli avvenimenti di speciale importanza verificatisi a bordo, al Direttore dell'Aeroporto,

se in Italia, oppure al Console Italiano, se all'estero.

La **NOTA DI ASSICURAZIONE** rappresenta un estratto della Polizza di assicurazione, obbligatoria per i danni a terzi sulla superficie. Tale tipo di assicurazione è detta "*extracontrattuale*", con un minimo di 25 milioni ed un massimo di 83 milioni. Per gli aerei da turismo e gli alianti il limite minimo è di 10 milioni.

L'Istituto di assicurazione non risponde dei danni verificatisi fuori dei limiti territoriali indicati nella nota di assicurazione e nel caso che questi siano causati da fatti bellici o da sommosse civili. L'assicurazione che scade mentre l'aeromobile si trova in navigazione è prorogata di diritto fino al termine del viaggio, ma l'esercente sarà tenuto a pagare un supplemento di premio.

Ogni aeromobile deve sempre avere a bordo i predetti quattro documenti.

Se poi è adibito al trasporto di merci o passeggeri, deve anche avere il **Manifesto di Carico**, sul quale sono riportate le seguenti indicazioni:

- marca di nazionalità e d'immatricolazione;
- nome e cognome del Comandante e degli altri componenti dell'equipaggio;
- località di provenienza e destinazione;
- indicazione sommaria del carico;
- descrizione delle provviste di bordo, compreso il carburante;
- distinta dei documenti d'origine che accompagnano le merci.

Infine, se l'aeromobile effettua servizio su linee internazionali, deve avere a bordo i documenti *doganali* e *sanitari.*

Per finire, l'aeromobile deve anche essere in possesso di:

- *libretto dell'aeromobile;*
- *libretto del motore o motori;*
- *libretto delle segnalazioni.*

Non è però obbligatorio che tali libretti siano portati a bordo.

ASSICURAZIONI AERONAUTICHE

Oltre alla citata assicurazione per danni a terzi alla superficie, è obbligatoria anche l'assicurazione per passeggeri trasportati, per un am-

montare che non può superare i 5.200.000 lire a persona; l'obbligo di tale assicurazione si impone pure alle Società o Aeroclub concessionari di servizi aerei minori.

Le società esercenti di linee regolari debbono inoltre assicurare i bagagli e le merci trasportate.

I suddetti tipi di assicurazione sono detti *contrattuali*, in conseguenza del fatto che il biglietto rilasciato al passeggero ed il bollettino rilasciato per il bagaglio e le merci, costituiscono la prova dell'avvenuto contratto di trasporto. Il risarcimento dovuto per merci perdute od avariate, è di L. 10.000 al kg. I bagagli perduti o danneggiati vengono anch'essi risarciti con L. 10.000 al kg., sino al limite massimo di L. 210.000 per passeggero.

IPOTECA E PRIVILEGI AERONAUTICI

In genere l'ipoteca viene a colpire i beni immobili, tuttavia un aeromobile può formare oggetto di ipoteca; essa però potrà essere solo *consensuale*, ossia potrà essere accesa solo con il consenso del proprietario dell'aeromobile. Essa prende grado dopo i privilegi aeronautici che sono: i crediti dello Stato per imposte, tasse e pene pecuniarie, spese di giustizia, crediti per l'assicurazione, spese di nolo. L'ipoteca va trascritta sul Certificato di Immatricolazione e viene registrata presso il Registro Aeronautico Nazionale.

DICHIARAZIONE DI ESERCENZA

La dichiarazione di esercenza viene fatta quando un aeromobile viene ceduto in uso dal proprietario ad una terza persona detta *esercente*.

Con la dichiarazione in parola, fatta al Direttore dell'Aeroporto di giurisdizione, l'esercente assume tutte le responsabilità e gli oneri derivanti dall'uso dell'aeromobile stesso.

Tale dichiarazione viene resa pubblica dal Direttore dell'Aeroporto che provvede a trascriverla su un apposito registro e sul Certificato di immatricolazione, e comunicare al R.A.N. l'avvenuta trascrizione.

LEGGE IMPERANTE A BORDO DELL'AEROMOBILE

Normalmente la legge imperante a bordo degli aeromobili è la *Legge della Bandiera*, ossia la legge dello Stato presso cui l'aeromobile è immatricolato.

Pertanto, i fatti e gli atti giuridici avvenuti a bordo del velivolo, sono regolati dalla legge nazionale dell'aeromobile, anche se questi si trova in spazio aereo soggetto alla sovranità di un altro Stato.

SEQUESTRO - CONFISCA - DIVIETO DI PARTENZA

Sequestro

Un aeromobile che abbia sorvolato zone vietate o contravvenuto alle norme relative alla quota ed alla rotta stabilita, può essere oggetto di sequestro giudiziario o conservativo.

Confisca

L'uso di aerei non immatricolati o non adibiti alla navigazione o con il certificato di navigabilità scaduto, il trasporto abusivo di armi e munizioni, prevede la confisca dell'aeromobile.

Divieto di partenza

Il Direttore dell'Aeroporto può impedire la partenza di un aeromobile nel caso che l'esercente o il Comandante non abbiano adempiuto agli obblighi prescritti dalle norme di polizia, sanitarie, doganali, ed a quelli relativi alla sicurezza del volo, ed infine nel caso che non abbiano provveduto al pagamento delle tasse aeroportuali. Inoltre, il Direttore e l'autorità di polizia, possono vietare la partenza di un aereo soggetto a pignoramento o sequestro.

TRASPORTI VIETATI

Fra i trasporti vietati per via aerea, sono compresi gli apparecchi fotografici e da ripresa cinematografica, se non come bagaglio, nel qual caso debbono essere opportunamente sigillati e consegnati al personale

di bordo ed elencati nel manifesto di carico.

E' inoltre vietato l'imbarco di armi, munizioni o gas tossici; le munizioni ed i fucili da caccia possono essere trasportati previa speciale autorizzazione e debitamente imballati.

BREVETTI

1° grado – abilita il titolare ad effettuare voli esclusivamente sul territorio nazionale e da solo a bordo;

2° grado – abilita il titolare ad effettuare voli entro e fuori del territorio nazionale, con passeggeri a bordo ma non a scopo di lucro;

3° grado – abilita il titolare al trasporto di linea di merci e passeggeri, al lavoro aereo e ad esercitare la mansione di pilota istruttore.

Si precisa però che per svolgere tutte le mansioni di cui al 3° grado è necessario, inoltre, essere in possesso del brevetto di "Ufficiale di Rotta" del brevetto di "Radiofonia" e dell'abilitazione al volo strumentale.

LICENZA

Ai brevetti sopraddetti è unita la *licenza*, la quale autorizza il titolare del brevetto ad esercitare le mansioni previste dal brevetto stesso.

Tale documento ha le seguenti validità:

- *un anno* per i brevetti di 1° e 2° grado;
- *sei mesi* per i brevetti di 3° grado e per i piloti di 1° e 2° grado che abbiano superato i 50 anni di età.

La licenza in parola viene rinnovata a seguito di visita medica che viene sostenuta:

- *ogni sei mesi* da tutti i piloti di 3° grado e da quelli di 1° e 2° grado che hanno compiuto i 50 anni di età;
- *ogni anno* dai piloti di 1° e 2° grado che hanno superato i 35 anni di età;
- *ogni due anni* dai piloti di 1° e 2° grado sotto i 35 anni di età.

Inoltre, per ottenere il rinnovo della licenza, è anche indispensabile

aver effettuato, nel periodo di validità, i seguenti minimi di attività di volo:

- piloti di 1° grado: *4 ore annuali*;
- piloti di 2° grado: *8 ore annuali*;
- piloti di 3° grado: *10 ore semestrali.*

Si precisa che se entro quindici giorni dalla data di scadenza della licenza non si è provveduto a rinnovarla, essa decade di validità, ed in tal caso occorre fare il *"Reintegro"*, per ottenere il quale bisogna dimostrare, mediante uno stralcio voli, di essere allenati ed addestrati, e di essere ancora fisicamente idonei al volo e superare le eventuali prove teorico-pratiche che potrebbero essere stabilite, con insindacabile giudizio, da parte del competente Ministero.

ABILITAZIONI

Per abilitazione si intende una esplicita autorizzazione trascritta sul brevetto, che indica i limiti entro cui il titolare può esplicare le sue mansioni a bordo degli aeromobili.

Per i piloti vi sono vari tipi di abilitazioni:

- abilitazione al pilotaggio dei vari tipi di aerei;
- abilitazione al volo strumentale e notturno;
- abilitazione lancio paracadutisti;
- abilitazione traino alianti, ecc.

AEROPORTI

La classificazione degli aeroporti è basata sulle caratteristiche della pista principale, e precisamente: *dimensioni* e *resistenza*, per cui, secondo la lunghezza della pista e secondo la sua resistenza in funzione del carico per ruota semplice isolata che può sopportare, si hanno aeroporti di varie classi.

La lunghezza della pista può variare da un minimo di 900 metri ad un massimo di 3000 metri e deve essere idonea a sopportare carichi compresi fra un minimo di 2000 ed un massimo di 45.000 kg. per ruota.

Gli aeroporti si distinguono in:

– *aeroporti militari;*
– *aeroporti civili istituiti dallo Stato;*
– *aeroporti privati.*

Sono aperti al traffico aereo civile gli aeroporti civili ed alcuni aeroporti militari designati dal Ministero Difesa Aeronautica. Gli aeromobili civili non possono atterrare su aeroporti militari non aperti al traffico civile, salvo caso di emergenza.

Si possono fare aeroporti privati dietro autorizzazione del Ministero dei Trasporti e Aviazione Civile, e i medesimi possono essere aperti al traffico civile.

Per l'uso degli aeroporti privati, non aperti al traffico civile, bisogna chiedere il benestare dell'esercente dell'aeroporto.

AEROPORTI DOGANALI

Alcuni aeroporti, opportunamente designati, sono considerati aeroporti doganali; tutti gli aeromobili provenienti o diretti all'estero debbono atterrare e partire da tali aeroporti.

DISPOSIZIONI DOGANALI E SANITARIE

Qualsiasi aeromobile, anche nazionale, proveniente dall'estero, è tenuto ad attraversare i confini nei punti prestabiliti dalle norme della navigazione aerea ed atterrare sull'aeroporto doganale più vicino al punto di confine attraversato, per adempiere sia agli obblighi doganali che a quelli sanitari.

Se per cause di forza maggiore un aeromobile attraversa il confine in un punto diverso da quelli autorizzati, l'aereo deve atterrare sul primo aeroporto doganale situato lungo la sua rotta.

Nel caso invece che l'aeromobile sia costretto ad un atterraggio forzato su un aeroporto in cui non esista il servizio di dogana, il Comandante dell'aeromobile deve avvertire le competenti autorità, al fine delle opportune constatazioni e per ottenere il permesso di ripartire.

Il servizio di polizia sanitaria si trova, in genere, sugli aeroporti doganali e dispone di medici e attrezzature adeguate. Lo scopo di tale

servizio è quello di vigilare sulla sanità pubblica provvedendo alla difesa contro la propagazione di malattie contagiose che possono diffondersi per mezzo delle persone o cose imbarcate su aerei in partenza od in arrivo.

ATTERRAGGIO D'EMERGENZA

Non appena effettuato l'atterraggio, far avvisare i carabinieri senza allontanarsi dal velivolo.

Dopo che i carabinieri hanno preso in consegna il velivolo, informare per telefono o telegrafo gli aeroporti di partenza e destinazione.

Se la notizia è data a mezzo telegramma, esso deve avere la qualifica "*Rotta Aerea*" per avere la precedenza. Se l'aereo proveniva dall'estero, si deve avvertire il più vicino posto della Finanza o Dogana. Ricordare che non si può assolutamente ripartire senza la preventiva autorizzazione del R.A.I. o della Direzione Civile dell'Aeroporto di giurisdizione.

VINCOLI DELLA PROPRIETA' PRIVATA
SERVITU' AERONAUTICHE

Nella vicinanza degli aeroporti possono essere vietate: piantagioni, l'installazione di linee elettriche, funivie, filovie, teleferiche, o la costruzione di immobili, od altre opere che ostacolino l'esercizio del volo. Il competente Ministero può anche ordinare che su opere che eventualmente intralcino la navigazione aerea siano messi opportuni segnali, come può disporre che tali opere o costruzioni siano demolite.

Oltre ai suddetti vincoli può anche esserci quello relativo all'obbligo di tenere aperti al traffico civile determinati aeroporti privati, quando il Ministero ne dichiari l'apertura per esigenze di pubblico interesse.

GENTE DELL'ARIA

Per tradizione il personale aeronautico si suddivide in due grandi categorie: *Personale navigante* e *Personale a terra.*

La prima categoria a sua volta si distingue in:

personale addetto al comando e pilotaggio degli aeromobili;

– personale addetto agli apparati motori di bordo;
– personale addetto agli apparati radioelettrici di bordo;
– personale addetto ai servizi complementari di bordo.

La seconda categoria comprende:

– personale addetto ai servizi a terra;
– personale tecnico-direttivo delle costruzioni aeronautiche.

IL COMANDANTE

E' il capo dell'equipaggio ed ha autorità su tutte le persone comunque imbarcate, compresi i passeggeri. A lui spetta il comando dell'aeromobile per tutto ciò che riguarda la manovra e la direzione nautica; egli rappresenta l'esercente e ne cura gli interessi. In caso di necessità può esercitare le funzioni di ufficiale di stato civile e quelle di ufficiale di polizia giudiziaria.

Prima della partenza, deve assicurarsi dell'efficienza dell'aeromobile, che il carico sia centrato e che le condizioni atmosferiche che incontrerà lungo la rotta permettano il volo.

DIRETTORE D'AEROPORTO E SUE ATTRIBUZIONI

Il Direttore d'Aeroporto, nell'ambito della propria circoscrizione, esercita, in caso di necessità, le funzioni di Ufficiale di Polizia giudiziaria. Ha la responsabilità della disciplina del traffico aereo. Controlla, inoltre, i brevetti, i documenti di bordo, riscuote le tasse, i diritti di atterraggio e di sosta, appone i visti che convalidano l'arrivo e la partenza dei velivoli, provvede al rinnovo dei brevetti ed alla trascrizione delle varie abilitazioni. Riceve le dichiarazioni di esercenza, le denuncie, le querele, i rapporti, e prende in consegna le persone in stato di fermo affidategli dal Comandante dell'aeromobile, provvedendo successivamente a trasmettere gli atti o consegnare le persone, dopo aver compilato il relativo verbale, alle autorità competenti.

In caso di incidente di volo avvenuto nell'ambito della propria circoscrizione, il Direttore d'Aeroporto svolge una prima "inchiesta sommaria".

REGIME GIURIDICO DELLE LINEE AEREE DI NAVIGAZIONE NAZIONALI E INTERNAZIONALI

L'esercizio delle linee aeree nazionali è concesso con Decreto Presidenziale, soltanto a cittadini od a Società di nazionalità italiana, che dimostrino di avere mezzi finanziari e tecnici sufficienti a garantire il regolare svolgimento dei servizi per la durata della concessione che non può superare i 10 anni e può essere revocata in ogni tempo, per ragioni di pubblico interesse.

Per poter istituire linee aeree internazionali, occorre il consenso preventivo da parte degli Stati che le linee aeree stesse attraversano, con o senza scalo.

CONCESSIONI PER SERVIZI MINORI

Le concessioni per i servizi aerei di: pubblicità, trasporto discontinuo di persone e cose, scuola di pilotaggio, ecc., sono rilasciate dal Ministero Trasporti e Aviazione Civile. I concessionari debbono avere gli stessi requisiti richiesti per i servizi di linea.

La durata di tali concessioni non può superare i tre anni.

TRASPORTI DI CABOTAGGIO

I servizi di trasporto aereo di cose e persone da un punto all'altro di uno stesso territorio (*cabotaggio*) sono riservati alle società aeree nazionali.

ASSISTENZA E SALVATAGGIO

L'assistenza ed il salvataggio sono previsti come obbligatori, semprechè possano farsi senza serio pericolo per l'aeromobile soccorritore. Inoltre, non vi è obbligo se l'aeromobile non è in corso di navigazione o pronto a partire, oppure se non appare ragionevolmente possibile prevedere un utile risultato. Il rifiuto di portare opera di soccorso costituisce reato.

DISPOSIZIONI PENALI E DISCIPLINARI SULLA NAVIGAZIONE AEREA

Sono rubricati come **delitti contro la personalità dello Stato:** il vilipendio della bandiera o di altro emblema dello Stato.

Delitti contro la polizia di bordo:
- le diserzioni;
- l'abbandono di aeromobile in pericolo da parte del Comandante o da parte di componente l'equipaggio;
- l'inosservanza di ordini da parte di membri dell'equipaggio o di un passeggero.

Delitti contro la polizia di navigazione:
- imbarco abusivo di armi e munizioni o persone a scopo delittuoso;
- navigazione in zone vietate.

Delitti contro la fede pubblica:
- uso di atto falso;
- falsa dichiarazione di proprietà e dei requisiti di nazionalità;
- uso abusivo di illecito certificato di navigabilità;
- uso di documenti di lavoro altrui.

Delitti contro la sicurezza della navigazione:
- abbandono di comando;
- ubriachezza od uso di stupefacenti;
- usurpazione di comando nella condotta di un aeromobile;
- omissione di soccorso;
- addormentarsi in servizio.

Delitti contro la proprietà dell'aeromobile:
- impossessamento o danneggiamento dell'aeromobile;
- falsa rotta per ingiusto profitto o per danno altrui;
- danneggiamento del carico.

Delitti contro la persona:
- abuso d'autorità;
- omissione di assistenza a navi o persone in pericolo;
- sbarco arbitrario da parte del Comandante di un aeromobile di un membro dell'equipaggio o di un passeggero.

Contravvenzioni

Le contravvenzioni riguardano le seguenti infrazioni:
- abusivo esercizio di trasporto o lavoro aereo;
- inosservanza delle norme sulle scuole di pilotaggio;
- navigare senza i prescritti documenti di bordo o mancata loro rinnovazione;
- imbarco abusivo di macchine fotografiche e radiotrasmittenti non opportunamente imballate;
- partenze ed atterraggi su aeroporti non doganali se diretti o provenienti dall'estero;
- imbarco eccessivo di passeggeri;
- rifiuto di trasportare condannati, o corpi di reato;
- inosservanza delle formalità alla partenza e all'arrivo in un aeroporto;
- inosservanza delle norme sulle visite e ispezioni degli aeromobili;
- introduzione abusiva di modificazioni nella struttura di un velivolo;
- inosservanza delle norme sulle segnalazioni;
- inosservanza delle norme sull'uso dei contrassegni di individuazione prescritti;
- sorvolo di centri abitati al disotto della quota di sicurezza e lancio di oggetti dall'aeromobile;
- inosservanza delle norme generali relative alla sicurezza della navigazione, ecc.

Il Codice della Navigazione contempla, per i delitti di cui sopra, a seconda della loro gravità, delle pene che vanno dalla sospensione temporanea dei titoli, ovvero della professione, alla reclusione con conseguente interdizione temporanea o permanente dei titoli.

Per le contravvenzioni il codice prevede: l'arresto, l'ammenda, la sospensione e l'interdizione temporanea dei titoli.

NAVIGAZIONE

6371

LA TERRA - FORMA - DIMENSIONI

La terra, in ordine progressivo di distanza dal sole, è il terzo dei pianeti del sistema solare. Essa è materialmente isolata nello spazio, ove è mantenuta in virtù della legge di gravitazione universale. La sua vera forma è quella del *geoide*, particolare figura geometrica che si avvicina ad un elissoide di rivoluzione generato dalla rotazione di un ellisse attorno al suo asse minore. Il geoide è ottenuto considerando il livello medio del mare esteso a tutti i continenti; pertanto, contrariamente alla realtà, si deve immaginare la superficie terrestre uniformemente livellata.

Ai fini della navigazione aerea, allo scopo di facilitare la soluzione dei problemi relativi, si suppone la terra come una sfera convenzionale di raggio uguale a circa 6.370 chilometri, e di circonferenza approssimativamente uguale a 40.000 km. La sua superficie è di circa 510.100.933 km^2.

Raggio terrestre = 6370 Km

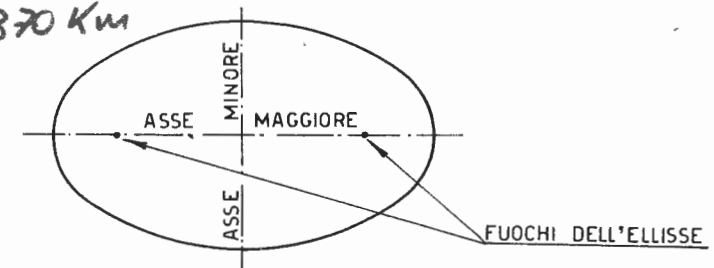



Fig. 79 - Ellisse

MOVIMENTI DELLA TERRA

La terra è soggetta a più movimenti, tra i quali i più importanti ai fini del nostro studio sono: quello di *rotazione* intorno a se stessa e quello di *rivoluzione* intorno al sole.

MOTO DI ROTAZIONE

La terra ruota da sinistra verso destra, ovvero da ovest verso est, attorno ad un suo diametro immaginario detto *asse di rotazione terrestre*.

approssimativamente orientato verso la stella polare. Tale rotazione si compie in 23 ore, 56 minuti e 4 secondi, e dà luogo all'avvicendarsi dei *giorni* e delle *notti.*

MOTO DI RIVOLUZIONE

La terra effettua attorno al sole, pure da ovest verso est, un movimento di rivoluzione seguendo un'orbita della lunghezza di 930 milioni di km., che prende il nome di *eclittica*. Questo secondo movimento si compie in 365 giorni, 6 ore, 9 minuti, 11 secondi, e dà luogo al succedersi delle stagioni.

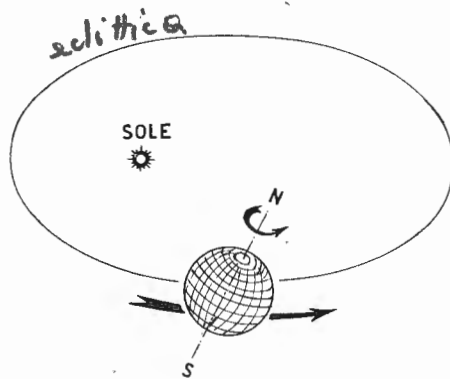



Fig. 80 - Movimenti reali della terra intorno al proprio asse ed attorno al sole.

MOTO APPARENTE DIURNO DEGLI ASTRI

Il moto *apparente* diurno degli astri intorno alla terra *da levante a ponente* altro non è che un'apparenza dovuta al moto di rotazione della terra attorno al proprio asse *da ponente a levante*. Quindi il movimento del sole che sorge ad *oriente*, e dopo aver percorso un cerchio più o meno ampio tramonta ad *occidente*, è semplicemente una apparenza **causata** da quanto sopra specificato.

INCLINAZIONE ASSE TERRESTRE

L'asse terrestre, rispetto al piano dell'eclittica, ha una inclinazione

di 66° 33', per cui il piano dell'equatore non coincide con quello **dell'orbita**, ma è inclinato rispetto al medesimo di 23° 27'; lo stesso angolo **naturalmente** fa l'asse terrestre con la perpendicolare dell'eclittica.

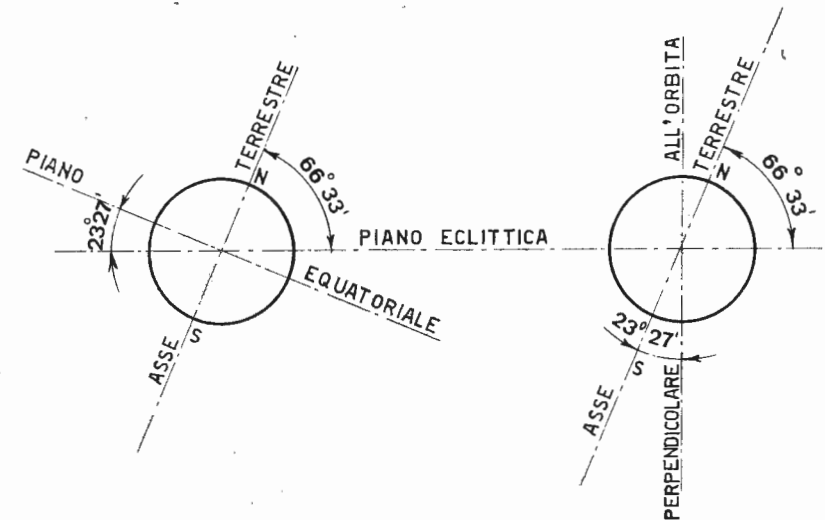



Fig. 81 - Inclinazione dell'asse terrestre

VARIAZIONE DELLE STAGIONI

Se l'asse terrestre fosse normale all'eclittica, durante il movimento di rivoluzione, in tutti i punti della terra i giorni sarebbero invariabilmente uguali alle notti, come durata, ed ogni punto conserverebbe sempre il medesimo clima, perciò non si verificherebbe il fenomeno delle stagioni. Grazie invece all'inclinazione dell'asse terrestre, le varie parti della terra vengono ad essere diversamente illuminate e riscaldate dal sole, dimodochè, in un determinato periodo dell'anno, mentre nell'emisfero *Nord* i raggi solari investono la terra più direttamente e siamo in piena estate con i giorni più lunghi rispetto alle notti, nell'emisfero *Sud* succede il contrario.

Hanno particolare importanza sull'orbita quattro posizioni fondamentali della terra, e sono costituite dai due *equinozi* e dai due *solstizi*, poichè quando essa passa alternativamente per questi punti, dà origine al cambio

delle stazioni, naturalmente con condizioni meteorologiche contrapposte nei due emisferi.

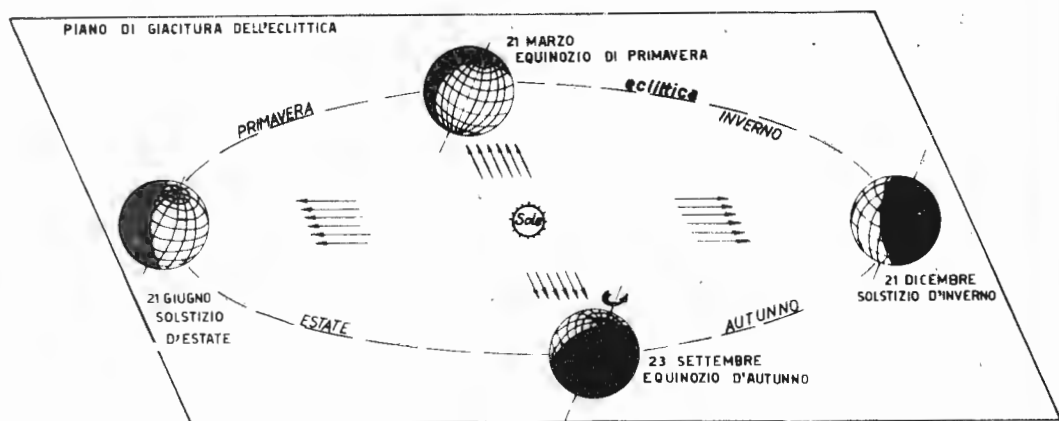



Fig. 82 - Posizioni fondamentali della terra sull'eclittica e succedersi delle stagioni.

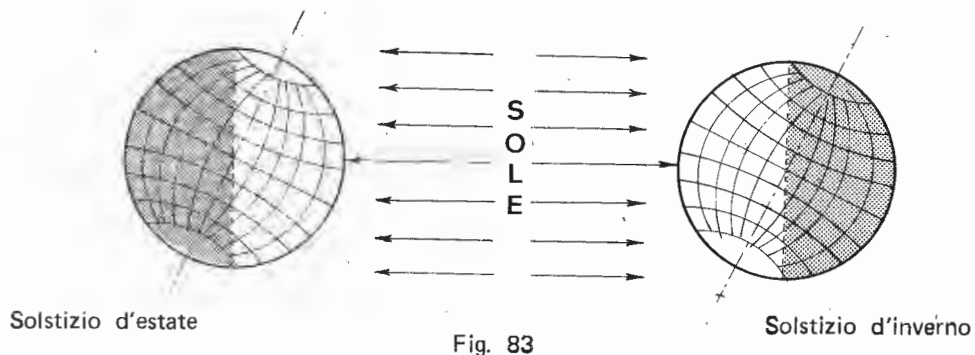
PUNTI SOLSTIZIALI

Al *solstizio d'estate* (21 giugno), il nostro emisfero è inclinato verso il sole, che si trova allo *Zenit* del Tropico del Cancro e raggiunge l'altezza massima sull'orizzonte.

Al *solstizio d'inverno* (21 dicembre) il nostro emisfero è inclinato dalla parte opposta rispetto al sole che si trova sul Tropico del Capricorno e raggiunge l'altezza minima sull'orizzonte.

Solstizio d'estate

Fig. 83

Solstizio d'inverno

PUNTI EQUINOZIALI

Negli *equinozi di primavera* e *d'autunno* (rispettivamente al 21 marzo ed al 23 dicembre) i raggi del sole sono paralleli all'equatore e normali all'asse terrestre, dimodochè tutti i punti del globo sono uniformemente illuminati; conseguentemente la notte ed il giorno sono della medesima durata.

N.B. – All'equatore i giorni e le notti sono sempre di uguale durata (12 ore);
– I poli terrestri nord e sud hanno invece rispettivamente sei mesi di luce e sei mesi di oscurità.

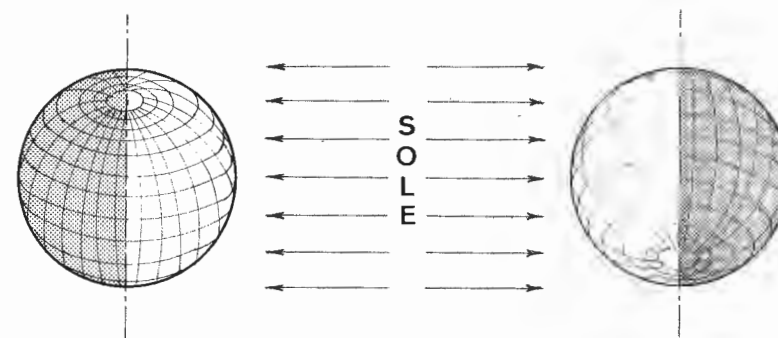



Fig. 84 - Posizione dell'asse terrestre rispetto al sole negli equinozi.

PRECESSIONE DEGLI EQUINOZI

Ogni anno l'equinozio di primavera si verifica con 23 minuti e mezzo di anticipo rispetto all'anno precedente; ciò è dovuto alla retrogradazione progressiva dei punti equinoziali causata dal lentissimo moto conico (vertice della sfera) che fa l'asse terrestre, in senso antiorario, attorno allo asse dell'eclittica.

ASSE E POLI TERRESTRI

Per *asse terrestre* si intende l'asse immaginario attorno al quale la terra ruota. I suoi estremi si chiamano *poli*, e precisamente: *Polo Nord* quello rivolto verso la stella polare, *Polo Sud* quello opposto.

EQUATORE - MERIDIANI - PARALLELI

L'Equatore è un cerchio massimo che divide la terra in due emisferi: *Nord* (o boreale); *Sud* (o australe). Serve come origine per il computo della latitudine.

Meridiani: Si chiamano meridiani terrestri, i circoli massimi che passano per i poli ed il centro della terra.
Si chiama invece *meridiano geografico* la semicirconferenza che va da un polo all'altro; la semicirconferenza opposta si chiama *antimeridiano.*
Primo meridiano (o meridiano base) è un meridiano convenzionale che serve come origine per il computo della longitudine.
Internazionalmente è stato scelto quello passante per l'osservatorio di Greenwich. Esso divide la terra in due emisferi: *Est* (o orientale); *Ovest* (o occidentale).

Paralleli: sono circoli minori, normali all'asse terrestre; essi sono tanto più piccoli quanto più ci si avvicina ai poli.

Il complesso dei meridiani e paralleli costituisce il *reticolo geografico.*

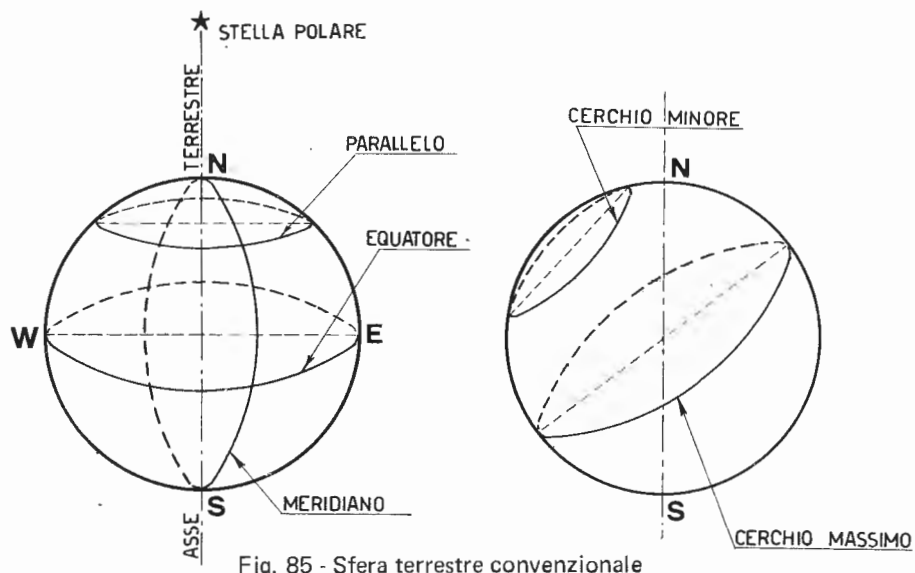



Fig. 85 - Sfera terrestre convenzionale

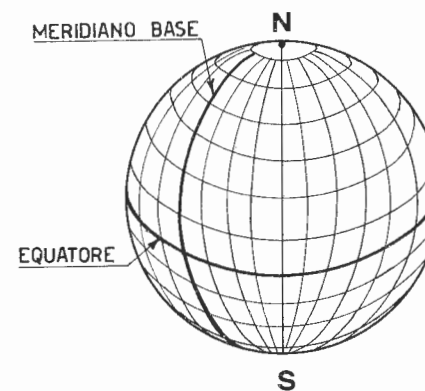



Fig. 86 - Reticolo geografico

CIRCOLI POLARI - TROPICI

I Circoli polari sono due paralleli che distano 66° 30' dall'equatore. Quello a Nord si chiama *Circolo polare artico*, quello a Sud si chiama *Circolo polare antartico.*

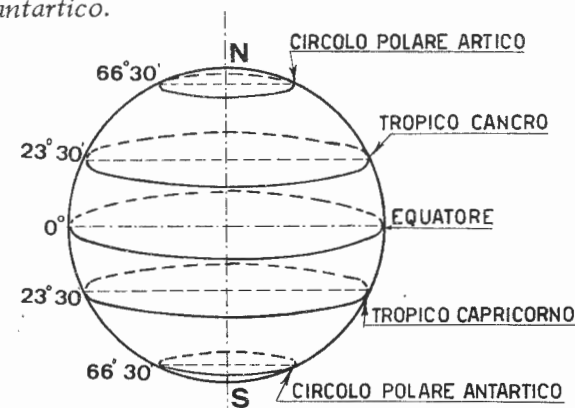



Fig. 87

I Tropici sono due paralleli a 23°30' dall'equatore; quello a Nord si chiama *Tropico del Cancro* e quello a Sud si chiama *Tropico del Capricorno.*

COORDINATE GEOGRAFICHE: LATITUDINE E LONGITUDINE

Le *coordinate geografiche* servono a determinare un punto qualsiasi della superficie terrestre; esse sono rappresentate dalla *latitudine* e *longitudine.* L'origine di tali coordinate è definito dall'intersezione dell'equatore con il meridiano di Greenwich. I paralleli costituiscono gli assi di riferimento per il calcolo della latitudine rispetto all'equatore. I meridiani invece rappresentano gli assi di riferimento per il calcolo della longitudine rispetto al meridiano di Greenwich.

La **Latitudine** di un punto è l'arco di meridiano compreso tra il punto considerato e l'equatore. Si misura in gradi, da 0° a 90°, a partire dall'equatore andando verso i poli.
E' *positiva* se il punto considerato si trova nell'emisfero Nord. *Negativa* se il punto è situato nell'emisfero Sud. Generalmente è rappresentata con la lettera greca "φ" (fi).

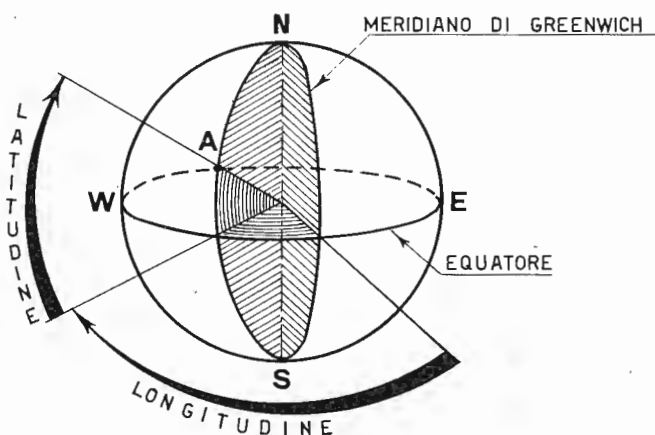



Fig. 88

La **Longitudine** di un punto è l'arco di equatore compreso fra il meridiano fondamentale (Greenwich) ed il meridiano passante per il punto considerato.

Si misura in gradi, da 0° a 180°. E' *positiva*, se il punto considerato si trova ad Est del meridiano fondamentale; *negativa* se il punto si trova ad Ovest dello stesso meridiano.
Generalmente si indica con la lettera greca "λ" (lambda).
E' chiaro inoltre, che tutti i punti di un meridiano geografico hanno la stessa longitudine, mentre tutti i punti del relativo antimeridiano hanno per longitudine l'angolo supplementare con segno cambiato (cioè diventa Est se era Ovest, e viceversa).

DIFFERENZA DI LATITUDINE E LONGITUDINE FRA PUNTO DI PARTENZA E PUNTO DI ARRIVO

La *differenza di latitudine* è l'arco di meridiano compreso fra i paralleli su cui si trovano i due punti considerati, ed il suo valore è dato dalla differenza algebrica fra le latitudini dei punti stessi. Si misura da 0° a 180° ed è *positiva*, se per andare dal punto di partenza al punto di arrivo ci si sposta verso Nord; è *negativa* in caso contrario.

Essa si indica con "Δφ".

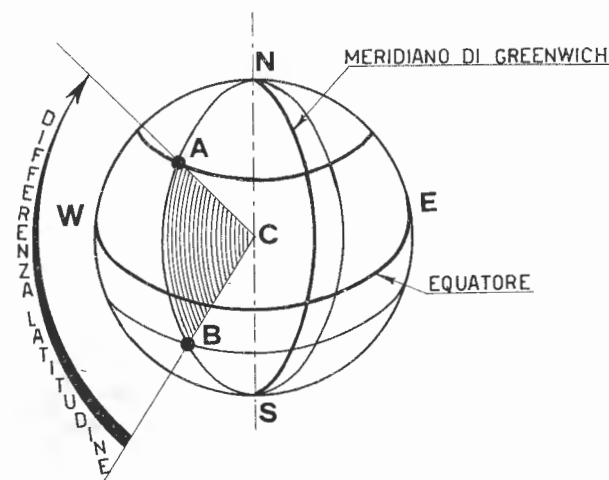



Fig. 89

La *differenza di longitudine* è l'arco di equatore compreso tra i meridiani passanti per i due punti considerati, ed è data dalla differenza algebrica fra le longitudini dei punti stessi.

E' *positiva*, se per andare dal punto di partenza a quello di arrivo ci si sposta verso Est; *negativa* nel caso contrario.

Si misura in gradi da 0° a 180°, per cui tenere presente, nel caso superasse il valore di 180°, il suo valore sarà espresso dall'esplemento dell'angolo cambiato di segno.

La differenza di longitudine si indica con "$\Delta\lambda$".

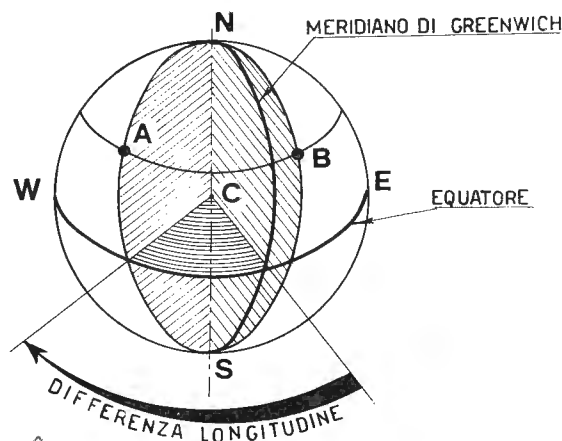



Fig. 90

RELAZIONI ALGEBRICHE RELATIVE AL COMPUTO DELLA DIFFERENZA DI LATITUDINE E LONGITUDINE

$$\Delta\varphi = \varphi' - \varphi \qquad \Delta\lambda = \lambda' - \lambda$$

Esempio:

Un aereo parte dal punto di coordinate: φ = 5°45' S
λ = 12°14' E

e giunge al punto di coordinate: φ' = 12°16' N
λ' = 18°20' E

la differenza di latitudine e longitudine acquistate sono:

$\Delta\varphi = \varphi' - \varphi$

$\Delta\varphi$ = 12°16' − (−5°45') = 18°01' N
(ovvero positiva, perchè per raggiungere il punto di arrivo ci si sposta verso Nord)

$\Delta\lambda = \lambda' - \lambda$

$\Delta\lambda_1$ = 18°20' − (+12°14') = 6°0,5' E
(ovvero positiva, poichè per raggiungere il punto di arrivo ci si sposta verso Est).

Coordinate del punto di arrivo: per calcolare le coordinate del punto di arrivo basta applicare le seguenti relazioni algebriche:

$$\varphi' = \varphi + \Delta\varphi \qquad \lambda' = \lambda + \Delta\lambda$$

PARTICOLARITA' NEL CALCOLO DELLA DIFFERENZA DI LONGITUDINE

Come è già stato detto, nel caso in cui la differenza di longitudine superi i 180°, il suo valore viene espresso dall'*esplemento* dell'angolo cambiato di segno.

Esempio: dati i seguenti valori di longitudine: λ' = 140°13' W
λ = 100°37' E

si avrà: $\Delta\lambda = \lambda' - \lambda$

$\Delta\lambda = -140°13' - (+100°37') = 240°50'$ W

Per il calcolo dell'esplemento si ha:

359°60' −
240°50' =

119°10'

L'esplemento dell'angolo , cambiato di segno, è dunque: 119°10' Est.

ORIZZONTE

Per *orizzonte* si intende quella linea circolare che delimita, per un osservatore, la parte visibile della superficie terrestre (o della volta celeste) da quella non visibile. Rispetto ad un osservatore situato nel punto "O" (figura 91) si distinguono quattro specie di orizzonti:

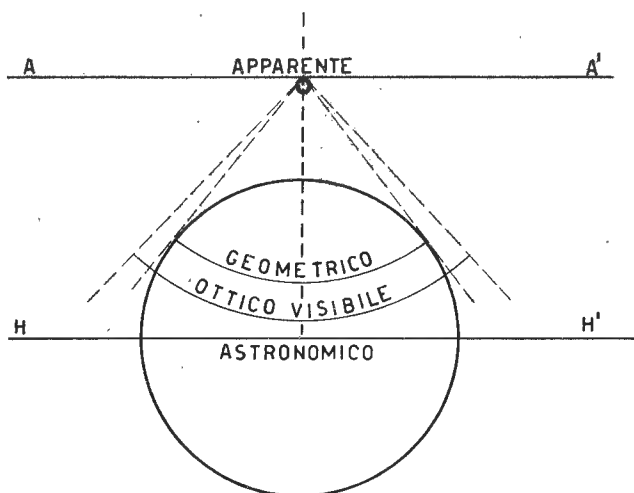



Fig. 91

Orizzonte apparente - determinato dal piano a-a' passante per l'occhio dell'osservatore e normale alla verticale del luogo in cui trovasi l'osser vatore.

Orizzonte astronomico - determinato dal piano H-H' e passante per il centro della terra, e normale alla suddetta verticale.

Orizzonte geometrico - determinato dalla base del cono che ha per generatrici le visuali condotte dall'osservatore alla terra a cui sono tangenti.

Orizzonte ottico o visibile - è leggermente più esteso di quello geometrico a causa della rifrazione atmosferica che produce un incurvamento dei raggi ottici col conseguente innalzamento fittizio degli oggetti.

VERTICALE DI UN LUOGO

La linea immaginaria congiungente un qualsiasi punto della superficie terrestre con il centro della terra stessa, prende il nome di *verticale vera di un luogo.* Essa rappresenta la linea d'azione della forza di gravità. Detta verticale, se viene prolungata, determina sulla sfera celeste lo *Zenit* (sopra l'osservatore) ed il *Nadir* dalla parte opposta.

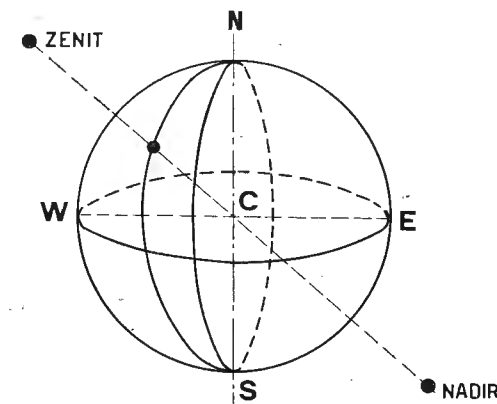



Fig. 92

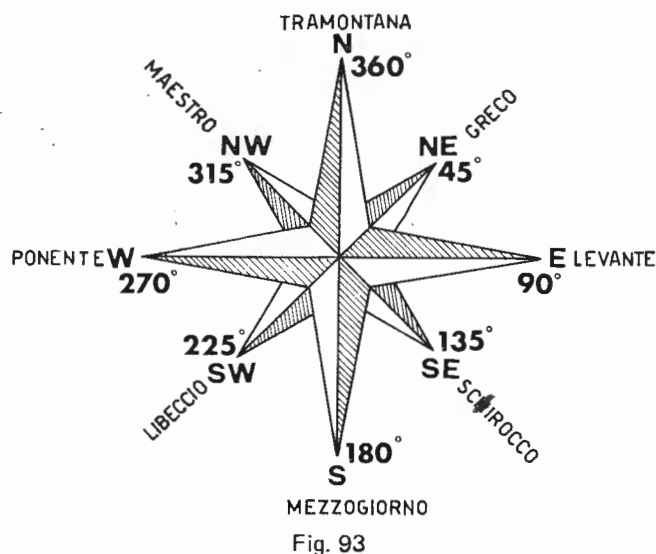
PUNTI CARDINALI - ROSA DEI VENTI

L'intersezione della linea meridiana geografica vera con la perpendicolare ad essa, passanti per un luogo qualsiasi della sfera terrestre, determina i *quattro punti cardinali* indispensabili per l'orientamento. **Nord** e **Sud** sono i punti principali, **Est** ed **Ovest** sono i secondari.

I punti intermedi sono detti *intercardinali* e si denominano con il punto cardinale principale, seguito da quello secondario:

Nord-Est **Sud-Est** **Sud-Ovest** **Nord-Ovest**

Il complesso dei punti cardinali ed intercardinali costituisce la *Rosa dei Venti*, così chiamata perchè rappresenta le direzioni di provenienza dei venti. Dei quali i principali sono: il *Greco*, lo *Scirocco*, il *Libeccio* ed il *Maestro*. Per ricordare la loro denominazione e la direzione da cui spirano, si suggerisce di tener presente la parola **grescilima.**

Fig. 93

SISTEMA SESSAGESIMALE

Dividendo una circonferenza in 360 parti uguali e prendendo come unità di misura l'angolo al centro che sottende una di dette parti, tale angolo chiamasi *grado*.

un grado = 60' (primi)
un primo = 60'' (secondi)

E' noto che alla misura di un angolo si può sostituire quella dell'arco corrispondente (espressa naturalmente in gradi e suoi sottomultipli) sul quale l'angolo insiste. Ciò infatti, l'abbiamo visto nella misura della latitudine, longitudine e nella differenza di latitudine e longitudine.

MISURA DELLE DISTANZE

In navigazione le distanze in genere si esprimono in:

Chilometri (km) il *chilometro* è la quarantamillesima parte di circonferenza massima della sfera terrestre (o dell'equatore);

Miglia nautiche (NM) il *miglio nautico* equivale ad un *primo* di circonferenza massima della sfera terrestre.

Pertanto, dato che una circonferenza contiene 360° e che un *grado* equivale a 60', si ha:

360 x 60 = 21600' 1NM = 1852 m

da cui si ricava la seguente uguaglianza: 1Km = 0,54 NM

40.000 km = 21600 NM

Per trasformare un miglio nautico in metri, basta dividere:

40.000 km : 21.600 NM

si ottiene così 1 NM = 1852 m.

viceversa: 1 km. = 0,54 NM

Per passare dai chilometri alle miglia nautiche, basta moltiplicare il numero dei chilometri per 0,54, oppure si divide il numero dei chilometri per 1,850.

NM = km x 0,54
NM = km : 1,85

Per passare dalle miglia nautiche ai chilometri basta dividere le miglia nautiche per 0,54, oppure moltiplicare le miglia nautiche per 1,85:

km = NM : 0,54
km = NM x 1,85

Miglio statutario (SM) corrisponde a 1609 m.

Per passare dai chilometri alle miglia statutarie, moltiplicarli per 0,62:

SM = km x 0,62

Per trasformare le miglia statutarie in chilometri, moltiplicarle per 1,6:

km = SM x 1,6

Piedi (feet) - E' una unità di misura inglese che corrisponde a circa 30.4 cm.

Per trasformare i piedi in metri, moltiplicare i primi per 0,304:

m = ft x 0,304

Per passare da metri in piedi, moltiplicare i primi per 3,28:

ft = m. x 3,28

UNITA' DI MISURA PER LA VELOCITA'

m/sec	metri al secondo
km/h	chilometri ora
Kts	miglio nautico all'ora (NODO)
MPH	miglio statutario all'ora

Conversione di metri al secondo in chilometri ora: basta moltiplicare 1 m/sec per 3,6;
Infatti da m/sec si passa a m/h moltiplicando per 3600, e quindi a km/h dividendo per 1000.

Conversione di chilometri ora in metri secondo: basta dividere i km/h per 3,6.

Passaggio da metri al secondo in nodi: si moltiplicano i metri al secondo per 2.

CALCOLO DELLA VELOCITA', DELLA DISTANZA E DEL TEMPO

Velocità, distanza e **tempo** sono facilmente esprimibili in base alle

seguenti relazioni:

$V = \frac{S}{T}$	Velocità	$= \frac{\text{Distanza}}{\text{Tempo}}$
$T = \frac{S}{V}$	Tempo	$= \frac{\text{Distanza}}{\text{Velocità}}$
$S = V \cdot T$	Distanza	= Velocità x Tempo

MISURA DEL TEMPO

La durata esatta di una rotazione completa della terra attorno al proprio asse è di $23^h56'4''$ e corrisponde al cosiddetto *giorno sidereo*, determinato dall'intervallo di tempo compreso fra due passaggi consecutivi di una stella fissa sullo stesso meridiano. Mentre è di 24 ore il lasso di tempo occorrente perchè un meridiano di un dato luogo si ritrovi nella stessa posizione di fronte al sole (*giorno solare vero*).

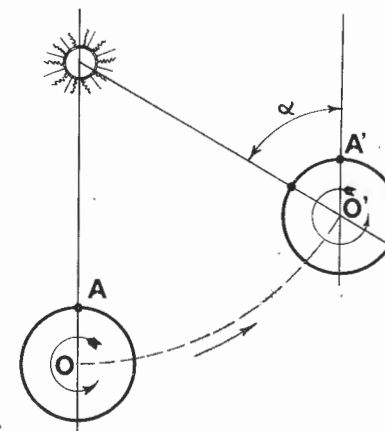



Fig. 94

Quando la terra avrà compiuto un'intera rotazione su sè stessa avrà contemporaneamente percorso l'arco O-O' ed il meridiano passante per il punto A si troverà parallelo a sè stesso ma spostato a destra, rispetto al sole, dell'angolo "α". Per cui, affinchè il sole ritorni sul punto A, la terra dovrà ruotare su sè stessa di tale angolo. La durata di questo supplemento di rotazione è di circa 3'56".

GIORNO SOLARE MEDIO

Per la misura del tempo (non potendo adottare i giorni solari veri perchè ineguali fra loro, e non essendo neppure possibile adottare i giorni siderei, sebbene di durata costante, in quanto le necessità della vita richiedono una unità di misura del tempo in relazione al movimento diurno apparente del sole), si è preso il *giorno solare medio*, riferito ad un astro fittizio, detto *sole medio*, che si immagina percorra l'equatore celeste, con moto uniforme, nello stesso tempo che impiega il sole vero a percorrere l'eclittica durante il suo moto annuo apparente intorno alla terra.

ANNO CIVILE - ANNO BISESTILE

Per quanto prima accennato, i giorni siderei dell'anno sono 366 e un quarto, quelli effettivi rispetto al sole sono invece 365 e un quarto, cioè uno di meno, risultante dalla moltiplicazione nell'anno di 3' 56''.

Adottando per gli usi civili l'anno di 365 giorni precisi, ci si verrebbe a trovare con l'andar del tempo, in ritardo rispetto al corso della natura; quindi, per ovviare a tale inconveniente, si è ricorso al cosiddetto *anno bisestile,* cioè ogni quattro anni si è fatto l'anno di 366 giorni.

FUSI ORARI

Ogni luogo della terra ha la propria ora locale determinata dal passaggio apparente del sole sul meridiano del luogo considerato. Ne consegue quindi che anche due località poste alla minima differenza di longitudine hanno ore locali diverse. Per evitare gli inconvenienti derivanti da tale fatto, con convenzione internazionale si è suddivisa la superficie terrestre in 24 *fusi orari* dell'ampiezza di 15°, e si è stabilito che tutti i territori compresi entro un determinato fuso, hanno la medesima ora del meridiano bisettore del fuso stesso.

Per passare dall'ora di un fuso a quella del fuso contiguo basta aggiungere o togliere un'ora, a seconda che si vada verso *Est* o *Ovest*. Infatti, se si considera il momento in cui il sole sta passando sul meridiano internazionale di Greenwich, che è anche il meridiano centrale del fuso zero,

nei luoghi situati ad *Est* di tale fuso è pomeriggio sempre più avanzato e poi notte; ad *Ovest* invece è ancora mattino o addirittura la notte del giorno precedente.

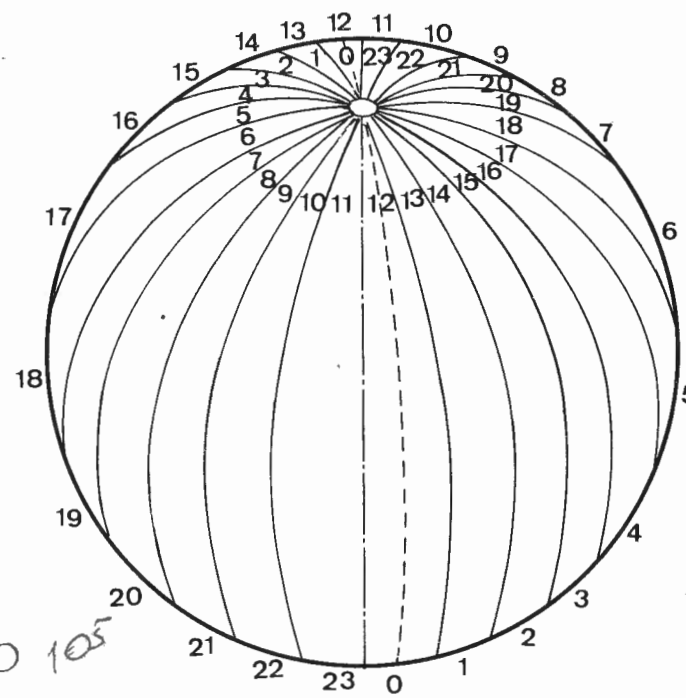



Fig. 95

ORA MEDIA DI GREENWICH (GTM) o ORA ZETA

E' l'ora riferita al meridiano fondamentale di Greenwich ed è adottata per il calcolo del tempo in navigazione. I cronometri di bordo in genere sono regolati su detta ora.

ORA MEDIA LOCALE (LTM)

E' l'ora di un luogo corrispondente a quella del meridiano su cui si trova il luogo stesso.

PASSAGGIO DAI GRADI ALLE ORE E VICEVERSA

Come è noto la terra in 24 ore compie una rotazione completa attorno al proprio asse di 360°, per cui in un'ora essa descrive un angolo di 15°; per contro, 15° di differenza di longitudine corrispondono ad un'ora.

In virtù di tale relazione si può passare dai gradi di longitudine alle ore e viceversa.

Per passare *dai gradi di longitudine alle ore*, basta dividere per 15 come dimostrato nel seguente esempio:

$25° \; 40' \; 30'' : 15 = 1^h \; 42' \; 42''$

10 x 60

600 + 40 = 640'

40

10 x 60 = 600" + 30 = 630"

30

Per passare *dalle ore ai gradi* si moltiplicano successivamente i secondi, i minuti primi e le ore per 15.

Siano per esempio, $4^h \; 35' \; 20''$ da trasformare in gradi, si avrà:

$20'' \times 15 = 300'' = 5'$ di grado
$35' \times 15 = 525' = 8° \; 45'$ di grado
$4^h \times 15 = 60°$

Sommando ora i risultati si ottiene in definitiva:

$$\begin{array}{r} 5' \; + \\ 8° \; 45' \; + \\ 60° \quad = \\ \hline 68° \; 50' \end{array}$$

PASSAGGIO DALL'ORA MEDIA DI GREENWICH ALL'ORA MEDIA LOCALE

Per passare *dall'ora media di Greenwich all'ora media locale*, si aggiunge algebricamente alla **GMT** la longitudine, ossia il valore di quest'ultima trasformata in ore:

$$LMT = GMT + \binom{+E}{-W}\lambda$$

Per passare *dall'ora media locale all'ora media di Greenwich*, si sottrae algebricamente dalla **LMT** la longitudine, ossia il valore di quest'ultima trasformata in ore:

$$GMT = LMT - \binom{+E}{-W}\lambda$$

PASSAGGIO DALL'ORA MEDIA DI GREENWICH (GMT) ALL'ORA FUSO e VICEVERSA

Per ottenere *l'ora fuso*, si sottrae algebricamente dalla **GMT** il numero del fuso considerato, tenendo presente che i fusi ad *Est* di Greenwich hanno segno *negativo*, mentre quelli ad *Ovest* hanno segno *positivo*.

$$\textit{Ora fuso} = GMT - \binom{+W}{-E}\textit{fuso}$$

Per ottenere la **GMT** si aggiunge algebricamente all'ora fuso il numero del fuso considerato col proprio segno.

$$GMT = \textit{Ora fuso} + \binom{+W}{-E}\textit{fuso}$$

LOSSODROMIA

La *lossodromia* è quella linea che nell'unire due punti qualsiasi della superficie terrestre, taglia tutti i meridiani sotto un angolo costante. Il percorso lossodromico è più lungo del corrispondente percorso ortodromico, ma offre il vantaggio di poter mantenere lo stesso angolo di rotta dal punto di partenza a quello di arrivo. La lossodromia sul globo terrestre è rappresentata da una spirale che si avvolge attorno ai poli senza mai raggiungerli. Sono particolari lossodromie: i meridiani, l'equatore, e i paralleli.

ORTODROMIA

E' un arco di cerchio massimo che rappresenta la distanza più breve nell'unire due punti qualsiasi della superficie terrestre. L'arco di *ortodromia* a meno che non si tratti dell'equatore o di un meridiano, taglia i meridiani con angoli continuamente variabili. Pertanto un velivolo, per andare da un punto all'altro della superficie terrestre seguendo la via più breve, dovrebbe continuamente cambiare la sua prua rispetto ai vari meridiani che incontra; il che vale a dire che, fino a quando la bussola resterà lo strumento che indica l'orientamento del percorso, tutte le rotte ortodromiche da seguire si risolveranno in brevi tratti di lossodromie. Sono particolari ortodromie l'equatore ed i meridiani.

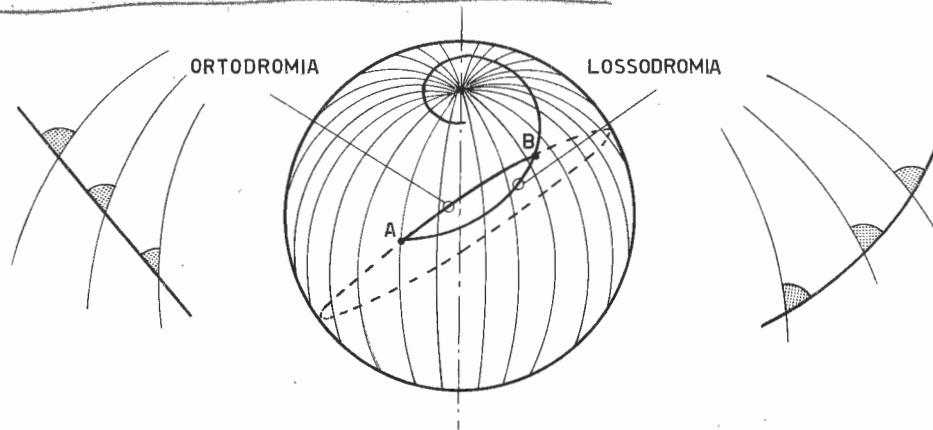



Fig. 96

CARTE AERONAUTICHE

Le carte rappresentano i particolari di limitate porzioni della superficie terrestre sopra dei piani. Il procedimento adottato per la loro costruzione consiste nel proiettare la zona da riprodurre da un opportuno *punto di vista* (in cui si immagina l'occhio dell'osservatore) e nel condurre da questo infinite visuali a tutti i punti compresi nella zona da rappresentare fino all'intersezione di una prestabilita *superficie di proiezione* (o quadro).

Rispetto al punto di vista la proiezione può essere:

centrografica - se il punto di vista è al centro della terra;
stereografica - se il punto di vista è sulla superficie della terra;
scenografica - se il punto di vista è ad una certa distanza dalla terra;
ortografica - se il punto di vista è all'infinito.

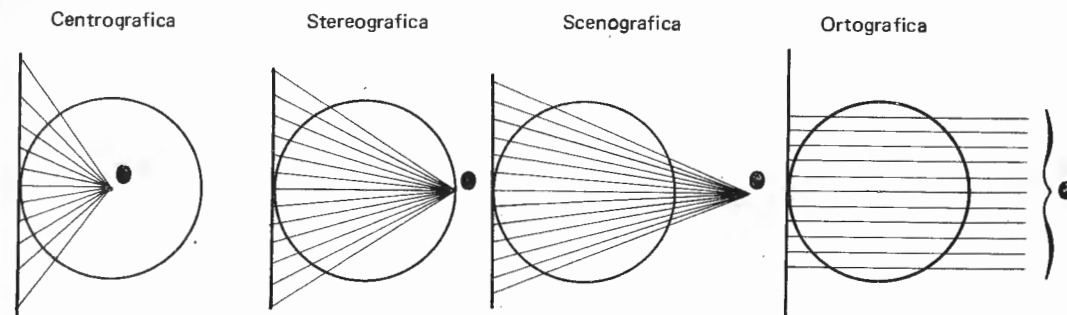



Fig. 97 - Proiezioni prospettiche

Rispetto al quadro, se questo è un piano la proiezione si dice **prospettica**; se è un cilindro o un cono (che poi vengono sviluppati su un piano), la proiezione si dice per **sviluppo**.

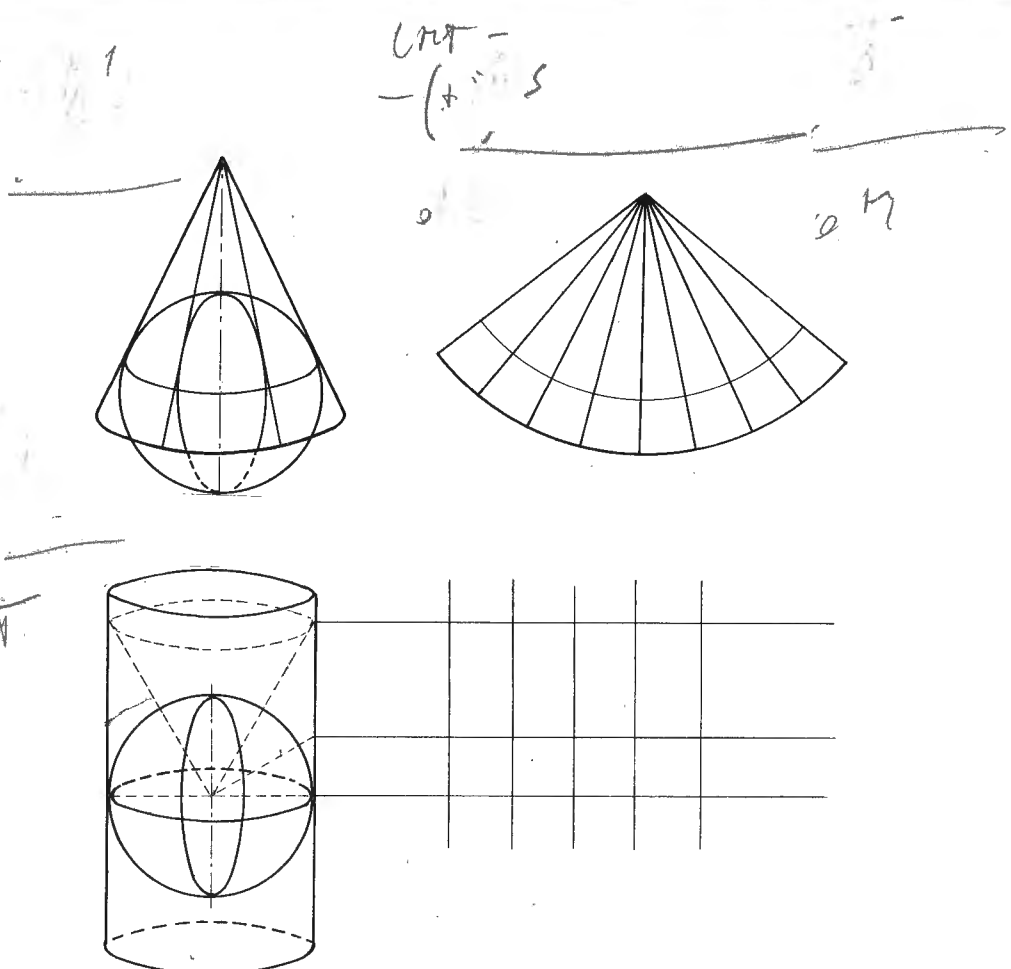



Fig. 98 - Proiezioni per sviluppo conico e cilindrico.

REQUISITI DELLE CARTE

Le carte aeronautiche dovrebbero presentare i seguenti requisiti:

Isogonismo - cioè la misura degli angoli fatta sulla carta, per determinate località, dovrebbe essere uguale a quella dei corrispondenti angoli sulla

superficie terrestre.

Equivalenza - cioè le aree rappresentate sulla carta dovrebbero equivalere, sulla base di determinati rapporti, alle corrispondenti aree della superficie terrestre.

Equidistanza - cioè le misure di lunghezza colte sulla carta dovrebbero corrispondere alle misure effettive sulla superficie terrestre, sempre sulla base di rapporti determinati.

Naturalmente non è possibile costruire una carta che goda di tutti questi requisiti, pertanto a seconda dell'uso a cui la carta è destinata, si adotta per la sua costruzione il sistema di proiezione più indicato, che eviti cioè le alterazioni più dannose.

Quando esse non posseggono alcuna delle suddette caratteristiche, si dicono **Afilattiche**.

La proprietà basilare per le carte aeronautiche di navigazione è quella di permettere di tracciate con facilità, mediante linee rette, le rotte lossodromiche o quelle ortodromiche.

SCALA DELLA CARTA

La *scala* è il rapporto esistente fra le lunghezze misurate sulla carta e quelle corrispondenti al vero sulla superficie terrestre.

In pratica tale rapporto ha per antecedente o numeratore l'unità, e per secondo termine o denominatore un multiplo di 10, in modo da poter facilitare i calcoli.

Per esempio: 1 : 1.000.000 ; oppure $\frac{1}{1.000.000}$

significa che un centimetro sulla carta equivale a un milione di cm. (10 km.) sulla superficie terrestre.

Si dicono carte *a grande scala* quelle in cui il secondo termine della scala è piccolo; esempio: 1 : 20.000. In tal caso un cm. sulla carta equivale a 20.000 cm. (200 m.) sulla terra, perciò tale carta è ricca di particolari.

Si dicono invece carte *a piccola scala* quelle in cui il secondo ter-

mine del rapporto è grande, per e sempio: 1 : 2.000.000, nel qual caso un centimetro preso sulla carta corrisponde a 2.000.000 di cm. (20 km.) sulla superficie terrestre; conseguentemente la carta è meno ricca di particolari.

ISOMECOICA

La *isomecoica* è quella linea su cui è valida la scala, cioè dove è conservato costante il rapporto tra le lunghezze sulla carta e le lunghezze corrispondenti sulla superficie terrestre.

Nella *Carta di Mercatore* la isomecoica è rappresentata dall'equatore se il cilindro risulta tangente ad esso, oppure dai due paralleli di secanza, nel caso che il cilindro sia secante a due paralleli.

Nella *Lambert* la isomecoica è rappresentata dal parallelo di tangenza, oppure dai due paralleli di secanza nel caso che il cono risulti secante a due paralleli.

CARTA DI MERCATORE

E' una carta a proiezione cilindrica, tangente all'equatore, modificata. Mercatore, infatti, per renderla *isogona* allo scopo di permetterne l'uso ai fini nautici, è ricorso ad un artificio che consiste nel tracciare i paralleli a distanze dall'equatore in funzione della secante trigonometrica della loro latitudine, e non secondo il valore della tangente trigonometrica come si verifica nella cilindrica pura.

Aspetto del suo reticolo

- *I meridiani* sono rappresentati da linee rette parallele ed equidistanti;
- *i paralleli* sono rappresentati da linee rette parallele ed ortogonali ai meridiani, ma non equidistanti; infatti essi sono distribuiti a distanze sempre crescenti man mano che si va verso i poli.

Proprietà della carta:

è isogona, cioè non presenta alterazioni angolari;

rettifica la lossodromia: una retta tracciata sulla Mercatore rappresenta un percorso lossodromico;

l'ortodromia su questa carta è rappresentata da una linea curva che ha la concavità rivolta all'equatore e la gobba ai poli, pertanto, quando essa si trova ad attraversare la linea dell'equatore, cambia il senso di curvatura;

la misura degli angoli (rotta, prora o rilevamento) può essere riferita a qualsiasi meridiano che interessi il percorso lossodromico.

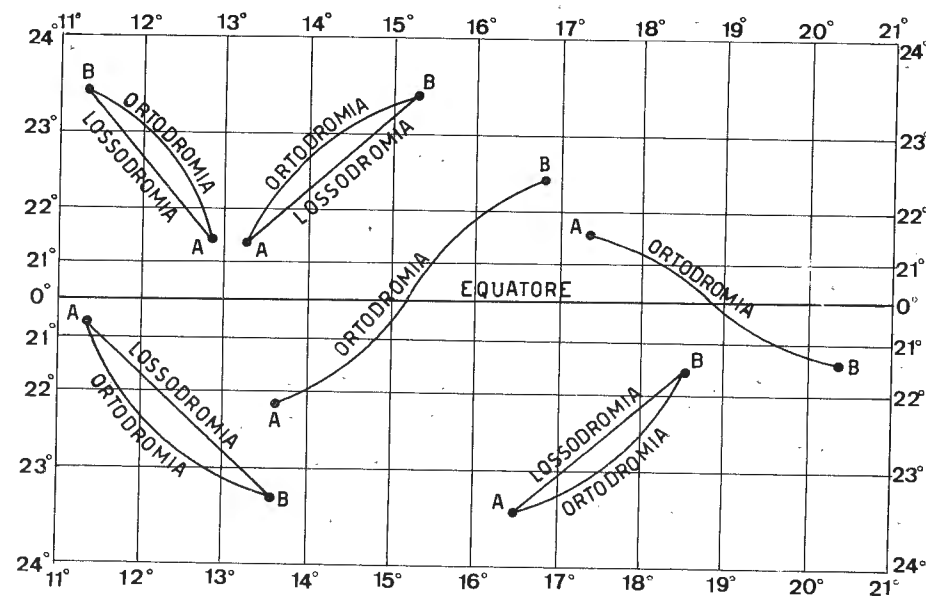



Fig. 99

Scala e misura delle distanze

La rappresentazione della superficie terrestre su questa carta viene limitata a 60° Nord e 60° Sud di latitudine, perchè essa deforma eccessivamente le regioni situate alle alte latitudini. Per quanto detto, la carta di Mercatore ha una *scala variabile*, in quanto il rapporto fra una determinata lunghezza presa sulla carta e quella reale non è costante, ma aumenta con l'aumentare della latitudine.

La *equidistanza* viene conservata solo lungo l'equatore, se il cilindro di sviluppo è tangente ad esso, oppure sui due paralleli di secanza, nel

caso che il cilindro sia secante a due paralleli prestabiliti.

Per la misura delle distanze si usa il procedimento della cosiddetta scala variabile delle *latitudini crescenti.*

Misura delle distanze con la scala delle latitudini crescenti

a) - Si fa ruotare il segmento di retta da misurare attorno al suo punto medio sino ad orientarlo per meridiano; la differenza di latitudine fra i due punti estremi del segmento stesso, rappresenta la distanza in miglia nautiche. E' noto infatti, che un primo di grado è uguale ad un miglio nautico. (v. fig. 100).

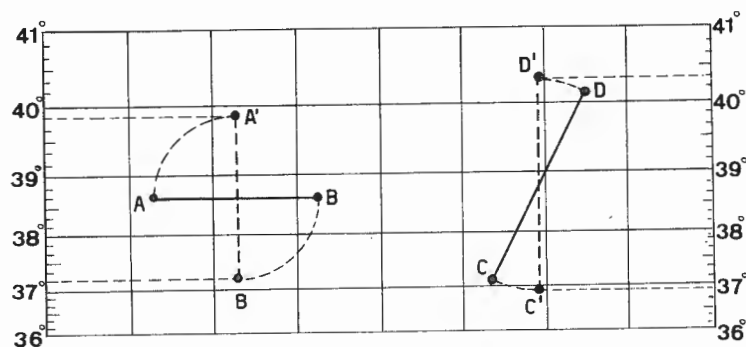



Fig. 100

b) - Se il percorso è molto lungo ed obliquo, si considera un determinato valore di differenza di latitudine preso al centro della rotta di cui si vuol conoscere la distanza. La lunghezza del percorso sarà rappresentata dal numero di volte che l'unità di misura prescelta sarà contenuta nel segmento di rotta considerato (v. fig. 101).

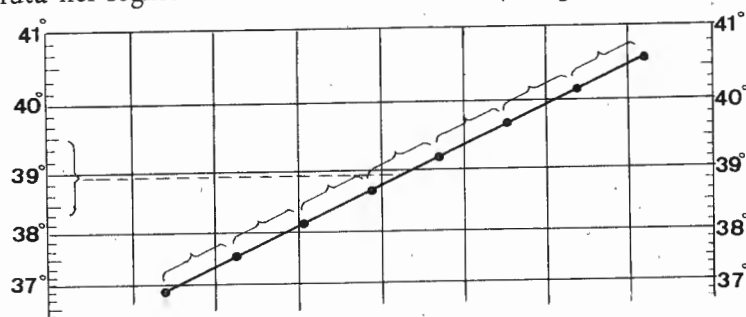



Fig. 101

c) - Se il segmento di rotta si trova lungo l'equatore, nel caso di carta tangente, o sui paralleli standard, nel caso di carta secante, la distanza viene calcolata semplicemente in base alla scala della carta medesima. Esempio: 10 cm. lungo l'equatore su una carta tangente al 2.000.000 corrispondono a 200 km.

Carta di Mercatore secante

Allo scopo di ottenere minori deformazioni alle latitudini medie, il cilindro di sviluppo, anzichè farlo tangente all'equatore, lo si considera *secante lungo due paralleli* situati ad eguale distanza dall'equatore.

L'equidistanza in tal caso è ottenuta sui due paralleli di secanza che prendono il nome di *paralleli standard.* In Italia viene considerata e costruita la carta di Mercatore in scala 1 : 2.000.000 secante al 56° parallelo Nord.

La rappresentazione di tale carta è del tutto analoga a quella della carta tangente all'equatore. Per l'impiego essa è in tutto simile alla carta predetta.

TRACCIAMENTO DEI RILEVAMENTI SULLA MERCATORE

Il percorso delle onde elettromagnetiche sulla superficie terrestre è ortodromico, per cui sulla Mercatore si rende necessario trasformare il rilevamento ortodromico ricevuto in rilevamento lossodromico applicando la nota correzione di *"Givry".*

$$Ril_l = Ril_o \pm \gamma$$

dove $\gamma = \frac{1}{2} \Delta\lambda \cdot \operatorname{sen}\varphi m$ (correzione di Givry)

Come si può vedere dalla fig. 102, nel nostro emisfero, quando il rilevamento radio-goniometrico viene effettuato da terra (**QTE**), si passa dal rilevamento ortodromico al corrispondente rilevamento lossodromico, aggiungendo la correzione di Givry se il velivolo si trova ad *Est* della stazione che rileva, sottraendo tale correzione se il velivolo si trova ad *Ovest.*

Nell'emisfero *Sud* succede il contrario.

Si può fare a meno di apportare la suddetta correzione quando la distanza tra il velivolo e la stazione è inferiore ai 150 km.

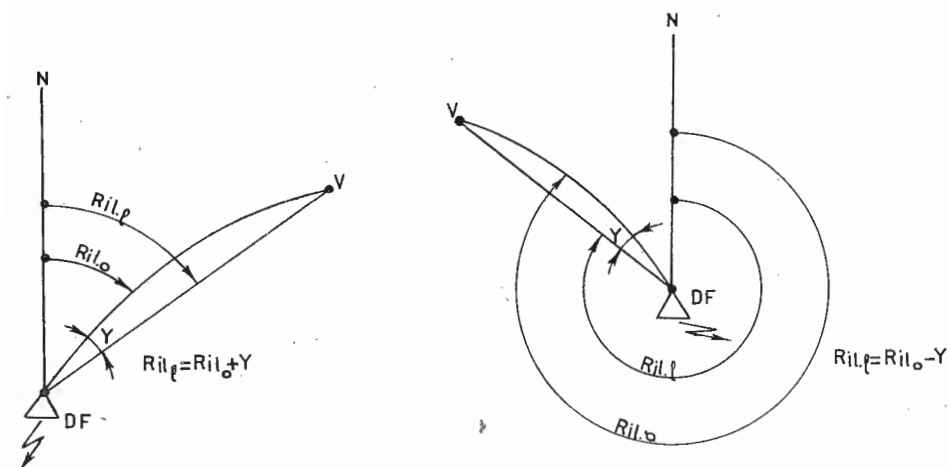



Fig. 102

CARTA DI LAMBERT

La proiezione di questa carta deriva dallo sviluppo su un piano di un cono tangente ad un parallelo, oppure secante lungo due paralleli, detti *paralleli base o standard.*

Nel caso del cono secante l'elissoide ha il vantaggio di ridurre l'alterazione delle lunghezze con la latitudine ed ottenere quindi una carta a scala con buona approssimazione per tutta l'estensione del foglio. La carta di Lambert non è una proiezione geometrica pura, ma come la Mercatore è modificata in base a rigide relazioni matematiche, per conferire l'isogonismo alla carta stessa.

Aspetto del suo reticolo

- *I meridiani* sono rappresentati da linee rette convergenti al vertice del cono;
- *i paralleli* sono rappresentati da archi di cerchio concentrici aventi per centro comune il vertice del cono d'inviluppo.

Proprietà della carta :

è isogona, perchè non rappresenta deformazioni angolari;

rettifica l'ortodromia; infatti, una retta tracciata su questa carta rappresenta un arco di cerchio massimo;

la lossodromia su di essa è rappresentata da una spirale logaritmica, solo per brevi tratti (300 km. circa) la lossodromia può essere rappresentata da una linea retta coincidente con la corrispondente ortodromia.

Misura degli angoli di rotta - a causa della convergenza dei meridiani, gli azimut variano da punto a punto e pertanto la misura dell'angolo di rotta dovrebbe essere più volte determinata, in pratica però, per brevi distanze, è sufficiente assumere come angolo di rotta quello relativo al punto medio del percorso da effettuare. Per lunghe distanze si divide il percorso in tanti tratti di rotta sulla base di 4° o 5° di differenza di longitudine, ed ognuno dei quali va seguito con l'angolo di rotta medio.

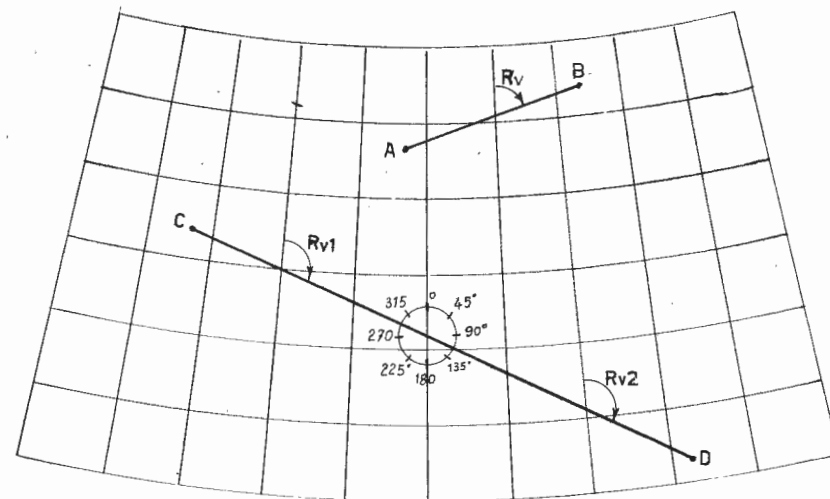



Fig. 103

Scala e misura delle distanze

Questa proiezione viene generalmente usata fra l'equatore e 80° di latitudine.

La zona compresa entro tali limiti viene suddivisa in fasce di 4° nelle quali i paralleli di secanza si trovano a 40' a Sud del parallelo estremo Nord, ed a 40' a Nord del parallelo estremo Sud.

La scala è esatta lungo i due paralleli base, mentre nella zona compresa fra detti paralleli, le distanze risultano accorciate e subiscono invece un allungamento nelle due zone esterne ai paralleli stessi.

Ad ogni modo, per tutti gli usi pratici, si può considerare la *scala come uniforme* attraverso l'intera carta.

TRACCIAMENTO DEI RILEVAMENTI SULLA LAMBERT

I rilevamenti radiogoniometrici effettuati da terra (**QTE**) possono essere tracciati immediatamente sulla carta in parola, e si misurano sul meridiano passante per la località dalla quale si conduce il rilevamento stesso.

Con i rilevamenti presi da bordo (**QUJ**) se si vogliono tracciare sulla carta le linee di posizione a partire dalla stazione rilevata, come ge-

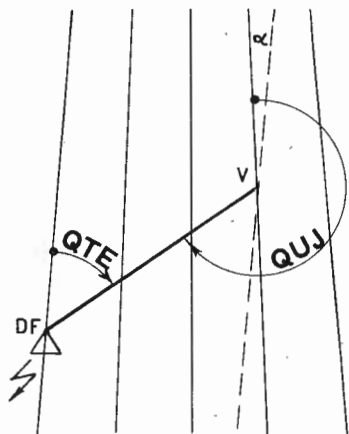
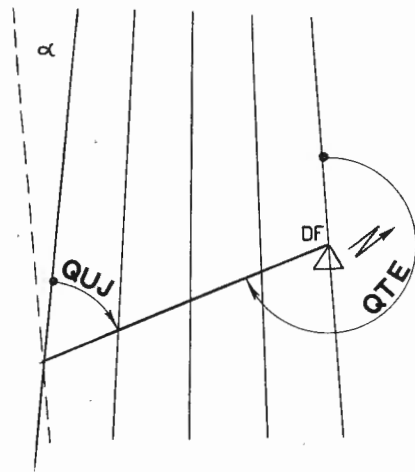



Fig. 104

neralmente si fa in pratica, occorre apportare ad essi la correzione di convergenza dei meridiani, in funzione della seguente formula che assume valore doppio di quella di Givry:

$$\alpha = \Delta\lambda \cdot \operatorname{sen}\varphi m$$

Come si può vedere dalla fig. 104:

- quando la stazione rilevata è a sinistra del velivolo, sottrarre dal QUJ 180° più l'angolo di convergenza;
- quando la stazione rilevata è a destra dell'aereo, aggiungere al QUJ 180° più l'angolo di convergenza.

CARTA A PROIEZIONE CILINDRICA OBLIQUA O CARTA DI KAHN

Questa carta è detta *degli itinerari* (o delle rotte), perchè ogni carta serve per un determinato percorso. Essa è una proiezione cilindrica, come quella di Mercatore, ma con la differenza che il cilindro, anzichè essere tangente all'equatore, è tangente ad un cerchio massimo passante per i due punti estremi della rotta determinata.

Pertanto, sviluppando il cilindro su di un piano, il cerchio massimo di riferimento diventa una retta che rappresenta il percorso ortodromico.

La carta viene estesa 15° al di sopra e 15° al di sotto del cerchio massimo di base, pari cioè ad una larghezza di circa 3300 km.

La proiezione in parola è *isogona*, rettifica l'*ortodromia* ed ha scala pressocchè costante.

Per la misura degli angoli di rotta e degli angoli di rilevamento, si procede in modo analogo a quanto descritto per la carta di Lambert.

La carta di Kahn, per le sue particolari caratteristiche, viene impiegata per i voli a lungo raggio e viene costruita per le principali rotte aeree del mondo.

Aspetto del reticolo della carta di Kahn:

- *meridiani* possono considerarsi linee rette convergenti;
- *paralleli* sono rappresentati da linee curve.

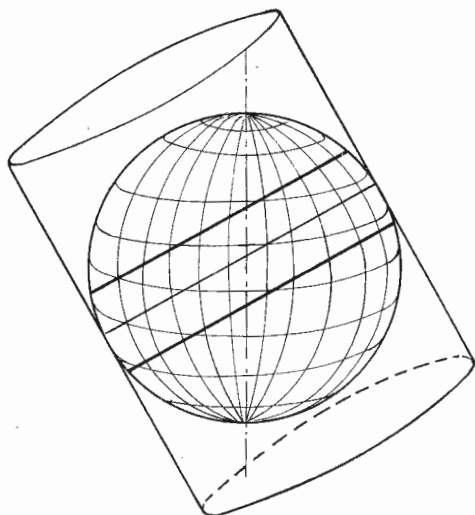



Fig. 105

CARTA STEREOGRAFICA POLARE

Questa carta è ottenuta proiettando la superficie terrestre su un piano tangente ad uno dei poli, partendo da un punto di vista situato al polo opposto.

La proiezione è *isogona* e rettifica *l'ortodromia*. La scala è variabile e per la misura delle distanze si opera come per la carta di Mercatore.

Date le particolari caratteristiche della carta in parola, omettiamo ogni notizia relativa alla misura degli angoli, essendo la medesima adatta alla navigazione polare, non contemplata nel presente corso.

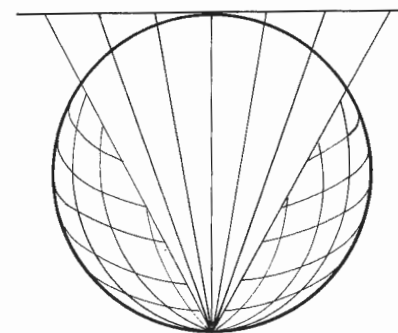



Fig. 106

OPERAZIONI DI CARTEGGIO

Carteggiare significa eseguire sulle carte quel complesso di operazioni atte a risolvere speditamente i problemi relativi alla navigazione, e cioè: tracciare rotte e rilevamenti, eseguire misure e trasformazioni di distanze, o quanto altro serve per determinare con sufficiente approssimazione la posizione dell'aereo in un dato istante.

SIMBOLISMI DELLE CARTE

Le informazioni riprodotte sulle carte aeronautiche possono dividersi in tre gruppi:

- *informazioni topografiche*, necessarie per una accurata rappresentazione del terreno;
- *informazioni aeronautiche*, di interesse per la navigazione aerea;
- *note marginali.*

I *simboli topografici* riguardano:

a) - *L'orografia*: montagne, colline, ecc... Tali rilievi sono rappresentati dalle tinte *ipsometriche* delle quali in margine alla carta è riprodotta la *scala tonale*.
La zona compresa fra 0 e 100 metri di quota è ricoperta con colore *verde paglierino*.
A partire poi da 100 metri e fino a 3500 metri i colori adottati per la ipsometria sono: *ocra* - *bruno* - *seppia*, cioè la tinta diventa sempre più scura con l'aumentare della quota.
Le altitudini delle cime più elevate e dei punti più importanti sono indicate con cifre in colore nero.

b) - *L'idrografia*, generalmente riprodotta in blu. I canali ed i corsi d'acqua meno importanti vengono rappresentati con una singola linea, quelli più importanti a doppia linea. I torrenti sono indicati da linee punteggiate; stagni e laghi non permanenti sono riprodotti con delle linee diagonali delimitate da una linea tratteggiata che ne rappresenta il contorno.
Le aree paludose sono segnate con linee orizzontali e con barbette verticali.
I ghiacciai sono indicati in bianco con tratteggio in blu. I bacini artificiali sono rappresentati come i laghi, ma generalmente la diga è riprodotta col simbolo in nero.

c) - *Le opere dell'uomo*: centri abitati, città e paesi, sono rappresentati secondo la loro importanza ai fini della navigazione. Infatti un paese di 600 abitanti, vicino ad una città molto importante, ha scarsa importanza in una carta aeronautica. Invece un paese delle stesse dimensioni in una regione scarsamente popolata, sarà di grande aiuto al navigante, perchè costituisce un particolare punto di riferimento sul terreno. Le strade ferrate sono rappresentate da linee nere con una o due barrette trasversali, a seconda che si tratti di ferrovie ad uno o più binari. Le autostrade sono rappresentate da tre linee di colore grigio; le strade di grande comunicazione sono indicate con una linea in grigio di circa 0,6 mm di spessore; le strade secondarie sono indicate con una linea sempre in grigio, di circa 0,3 mm di spessore.

Informazioni aeronautiche. Tali informazioni riguardano: gli aeroporti, gli idroscali, i campi di fortuna e le radio installazioni; queste ultime si suddividono in:

- impianti installati su aerodromi;
- impianti installati in zone fuori dell'aeroporto;
- impianti di radio-navigazione;
- impianti per l'avvicinamento e l'atterraggio.

Note marginali

Ai margini della carta vi sono delle note: i principali simboli con la relativa spiegazione; la scala delle tinte ipsometriche; una triplice scala grafica (in km, in NM ed in SM); la scala delle distanze.

Se la proiezione usata è quella di Mercatore, deve essere indicato il parallelo sul quale la scala è esatta e deve essere riportato il grafico della scala delle latitudini crescenti.

Se la proiezione è quella di Lambert, sono indicati i due paralleli base, sui quali la scala è esatta.

Altra informazione importante ai margini della carta è l'indicazione della data di aggiornamento; il pilota infatti deve sempre controllare tale data, per non incorrere in spiacevoli sorprese in caso in cui l'aggiornamento della carta usata risalga a molti anni addietro.

MAGNETISMO TERRESTRE

La terra si suppone sede di un grande campo magnetico le cui linee di forza hanno andamento *Sud - Nord*, perciò è positivo il magnetismo dell'emisfero Sud e negativo quello dell'emisfero Nord.

Perciò, se in un punto qualsiasi della superficie terrestre si sospende per il centro di gravità un ago magnetico libero di ruotare su se stesso, esso si dispone secondo una direzione fissa ed invariabile, cioè con la sua polarità positiva (*Nord*) rivolta sempre verso il polo omonimo geografico.

POLI MAGNETICI

Sono quelli a cui fanno capo le linee di forza del campo magnetico. Essi non coincidono con gli omonimi poli geografici, ma sono discosti da questi ultimi di circa 1500 km.

DECLINAZIONE MAGNETICA

Dopo quanto è stato detto, è chiaro che l'ago della bussola non indica il *Nord geografico*, o vero (Nv), quello cioè riferito alla stella polare, ma il *Nord magnetico* (Nm). Per cui chiamasi *declinazione magnetica* l'angolo compreso fra il nord vero e quello magnetico, e si indica con la lettera "d".

La declinazione magnetica varia da punto a punto della terra e nel tempo.

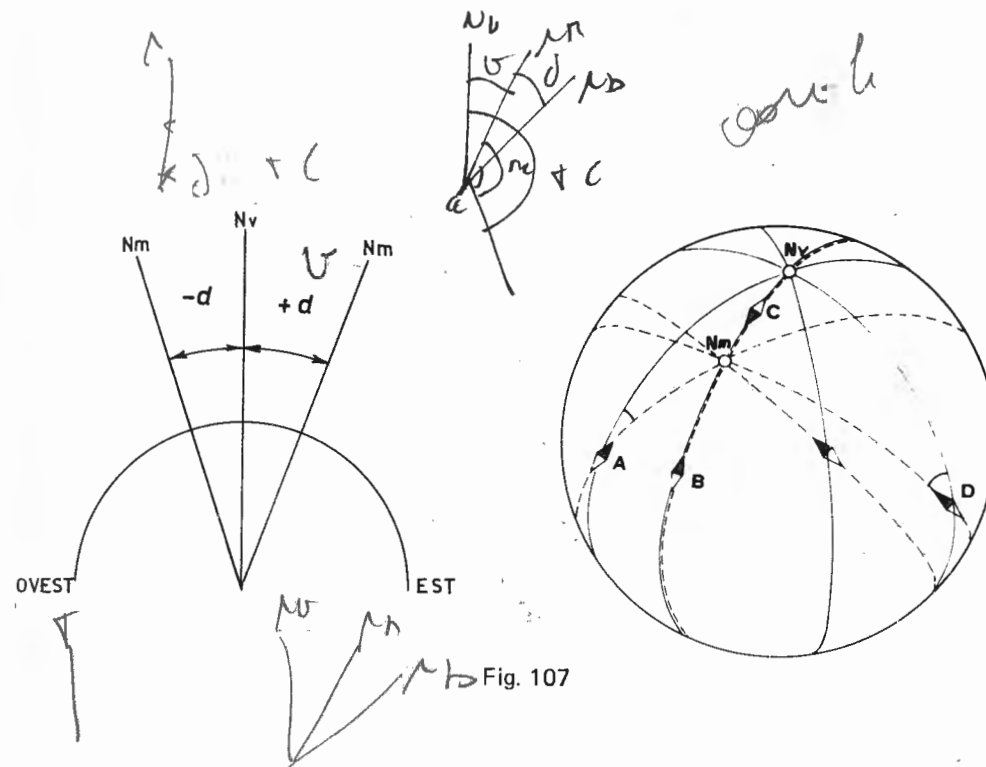
Si misura in gradi da 0° a 180°, e può essere *Est* (positiva) od *Ovest* (negativa) secondo che il nord magnetico cada a destra o a sinistra del nord geografico.

Il valore della declinazione magnetica è riportato sulle carte nautiche mediante apposite linee che uniscono punti di uguale declinazione; tali linee si chiamano *isogone.*

E' già stato detto che la declinazione varia col tempo, perciò sulle carte è riportata anche la variazione annua della stessa, cosicchè conoscendo la data di costruzione della carta e la variazione annua della declinazione, si può ricavare il valore del momento che interessa.

Come si può rilevare dalle carte, in Italia attualmente la declinazione è *negativa* (Ovest) ed ha una variazione annua di 8' verso Est.

Se nel percorso totale di un volo la declinazione fra il punto di arrivo e quello di partenza varia soltanto di 2° o 3°, si può usare la media della declinazione; se invece la variazione è superiore a 4° si può suddividere la rotta in bracci minori, usando la declinazione media per ogni braccio.

Fig. 107

Considerando i punti A, B, C e D della figura 107, risulta evidente il valore della declinazione sui vari punti della superficie terrestre:

- punto A decl. 35°E (positiva)
- punto B decl. 0°
- punto C decl. 180°
- punto D decl. 40°W (negativa)

LINEE AGONE

Sono quelle linee che uniscono punti su cui è nulla la declinazione magnetica. In tutto il globo esistono solamente tre di tali linee: una attraversa l'Europa, una le Americhe e la terza l'Asia.

DEVIAZIONE

Quando una bussola viene montata a bordo di un aereo, le parti me-

talliche ed elettriche che costituiscono il velivolo, generano dei campi magnetici che, sovrapponendosi al campo magnetico terrestre, provocano una deviazione dell'equipaggio della bussola dalla direzione del Nord magnetico.

L'angolo compreso fra il Nm e la direzione deviata, o *Nord bussola* (Nb) prende il nome di *deviazione* e si indica con la lettera greca delta "δ". Essa è *positiva* (o Est) se il Nb cade a destra del Nm, *negativa* (o Ovest) se il Nb cade a sinistra del Nm.

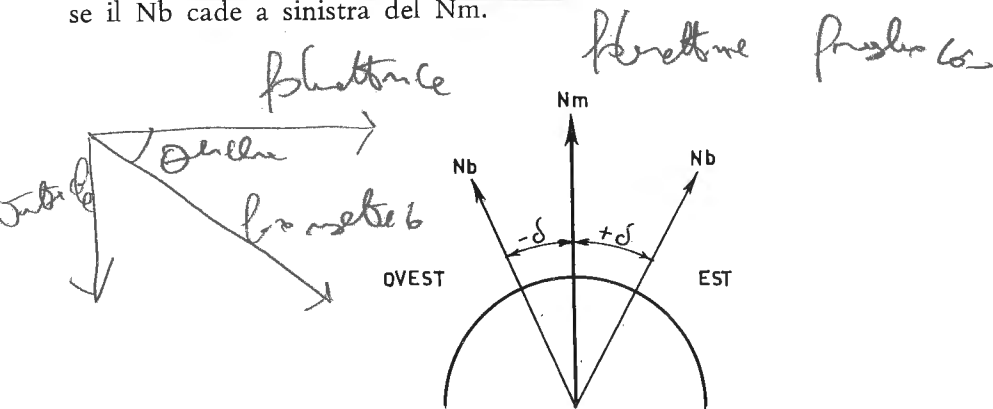



Fig. 108

INCLINAZIONE MAGNETICA

Un ago magnetico sospeso per il suo centro di gravità, oltre che disporsi per Nord magnetico, assume anche una posizione inclinata rispetto al piano orizzontale, e precisamente: verso il basso nell'emisfero *Nord*, nel senso opposto in quello *Sud*.

L'inclinazione magnetica raggiunge il massimo valore (90°) ai poli, mentre è zero all'equatore. Alle alte latitudini, a causa di detta inclinazione, le indicazioni della bussola diventano di ben poca utilità.

BUSSOLA MAGNETICA

La bussola magnetica è lo strumento classico ed indispensabile per la navigazione. Il suo principio di funzionamento è basato, come è noto,

sulla proprietà dell'ago calamitato di orientarsi verso il Nord magnetico.

È composta da un elemento magnetico costituito da più aghi magnetici disposti su uno stesso piano e paralleli fra loro, attorno a cui è fissata una corona circolare graduata da 0° a 360°. Tale complesso, detto *equipaggio mobile*, è appoggiato ad un perno di sospensione fissato al fondo della cassa (o mortaio) dello strumento. Il mortaio, che è a chiusura ermetica, è riempito di un opportuno liquido (anticongelante) che ha lo scopo di ammortizzare le oscillazioni dell'equipaggio mobile.

Le indicazioni della bussola vengono lette in corrispondenza di una *linea di fede* tracciata sulla faccia trasparente dello strumento. La linea di fede in parola deve essere allineata o parallela all'asse longitudinale del velivolo.

COMPENSAZIONE DELLA BUSSOLA

Compensare una bussola significa neutralizzare il più possibile l'azione perturbatrice dei ferri e circuiti elettrici di bordo, per mezzo di *magnetini compensatori* che creano campi magnetici di intensità e direzione tale da ridurre notevolmente l'errore di deviazione.

Ad ogni modo, occorre tenere presente che la compensazione non è tanto necessaria per diminuire l'errore di deviazione, quanto per evitare che il medesimo risulti eccessivo per alcune prore, o troppo debole per altre.

GIRI BUSSOLA

Per compensare la bussola, si ricorre ai cosiddetti *giri di bussola*; vari sono i metodi che si possono impiegare, ma noi ci limiteremo a descrivere quello più semplice.

Disponendo di una piazzola di cemento con tracciata la rosa dei venti riferita a *valori magnetici* si procede come segue:

- si orienta la prua del velivolo per *Nord magnetico* e, agendo sul magnetino compensatore trasversale, si corregge *tutto* l'errore;
- si orienta poi il velivolo per *Est magnetico* e, agendo sul magnetino

compensatore longitudinale, si corregge *tutto* l'errore;

- si fa ruotare di altri 90° il velivolo che si troverà così orientato per *Sud magnetico*, e con il magnetino compensatore trasversale si corregge *metà* errore;
- si orienta infine l'aereo per *Ovest magnetico* e con il magnetino compensatore longitudinale si corregge *metà* errore.

A questo punto si bloccano i magnetini compensatori e si orienta il velivolo per le otto direzioni magnetiche principali (punti cardinali e intercardinali), prendendo nota dei rispettivi valori che si leggono in bussola. Confrontando poi tali valori con quelli degli orientamenti magnetici corrispondenti si determinano le *deviazioni residue*, con cui si costruisce infine il diagramma della *curva di deviazione* (v. fig. 109).

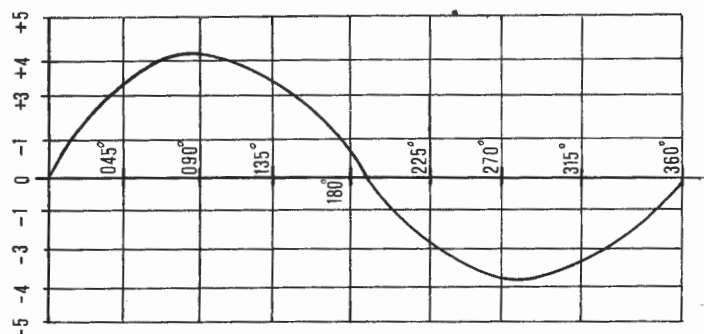



Fig. 109 - Diagramma curva di deviazione

ROTTA

Per rotta si intende la traccia a terra del percorso di volo effettivamente seguito dal velivolo. In altre parole si può anche dire che è l'angolo compreso fra la direzione di uno dei tre nord e la direzione seguita dall'aereo rispetto al suolo (Fig. 110). Ai fini della navigazione, una volta tracciata sulla carta nautica la *rotta vera* (Rv), per passare da questa alla *rotta magnetica* (Rm), alla *rotta bussola* (Rb) e viceversa, bisogna naturalmente tener conto della declinazione (d) e della deviazione (δ), i cui

valori possono essere positivi o negativi, usando le seguenti relazioni algebriche:

$$Rm = Rv - (\pm d) \qquad Rb = Rm - (\pm \delta)$$
$$Rv = Rm + (\pm d) \qquad Rm = Rb + (\pm \delta)$$

Da tali relazioni si ricavano le seguenti formule risultanti di *correzione* e *conversione* delle rotte:

$Rv = Rb + (\pm d) + (\pm \delta)$ *formula di correzione rotte*

$Rb = Rv - (\pm d) - (\pm \delta)$ *formula di conversione rotte*

Esempio:

dati: $Rb = 95°$; $d = 5°E$; $\delta = 2°W$ Trovare " Rv "

$Rv = 95° + (+5°) + (-2°) = 98°$

dati: $Rv = 130°$; $d = 4°W$; $\delta = 5°W$ Trovare " Rb "

$Rb = 130° - (-4°) - (-5°) = 139°$

Nv
Nm
Nb
Rv
Rm
Rb
DIREZIONE EFFETTIVA DI VOLO

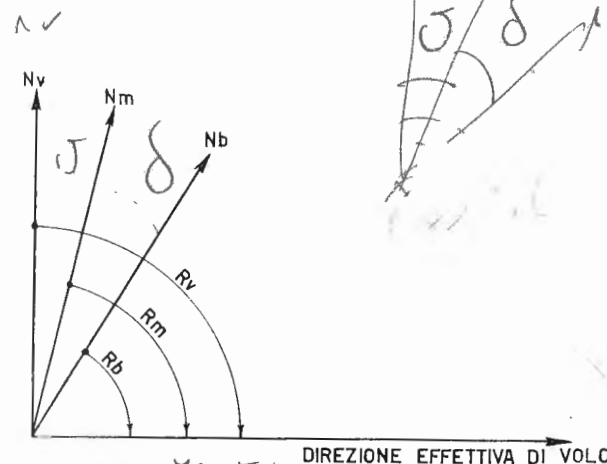



Fig. 110 - Rotte

AZIONE DEL VENTO

L'effetto del vento in navigazione non può essere assolutamente trascurato in quanto, oltre a scostare l'aereo dalla direzione di volo prescelta, ne varia pure la *velocità effettiva* rispetto al suolo. Un velivolo in volo in presenza di vento partecipa contemporaneamente al movimento proprio ed a quello di cui è animato il vento stesso. E' evidente pertanto che la traiettoria vera percorsa dall'aereo rispetto al terreno è la risultante dei vettori che rappresentano i due suddetti movimenti. Supponendo che un velivolo parta da A per andare in B, a causa dell'azione del vento anzichè su B si troverà su C. (Fig. 111).

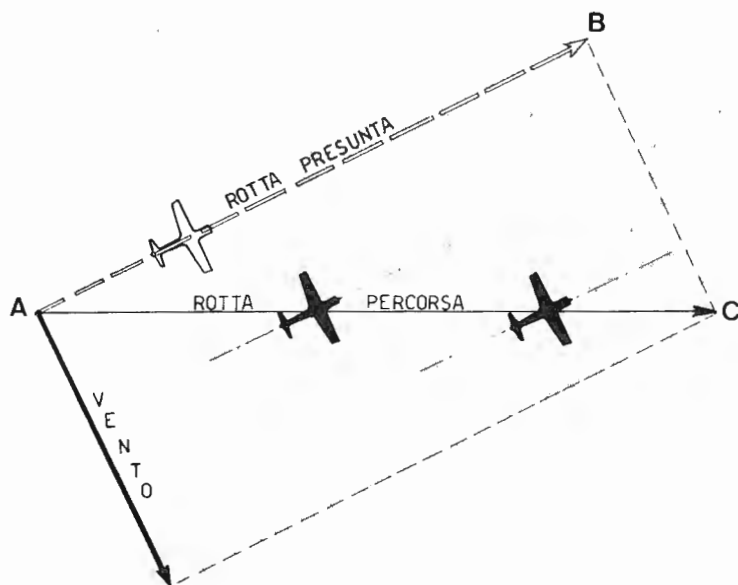



Fig. 111

PRUA

Per *prua* si intende l'angolo compreso tra uno dei tre Nord e l'asse longitudinale del velivolo. La determinazione di tale angolo è l'accorgimento necessario per annullare lo scostamento causato dal vento al fine di non essere deviati dalla direzione di volo che si vuol seguire (rotta

prestabilita).

Come illustrato in figura 112, se da A si vuol raggiungere B con vento spirante da sinistra, è ovvio che non si dovrà orientare l'asse longitudinale del velivolo su B, ma secondo la direzione AC, in tal modo l'aereo, sotto l'azione del vento, percorrerà effettivamente (cioè rispetto al suolo), la traiettoria AB, che è proprio quella che si intendeva seguire per giungere su B.

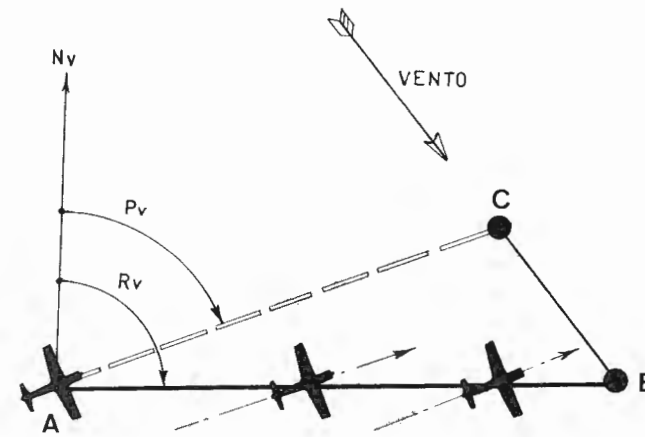



Fig. 112

RELAZIONI ALGEBRICHE FRA LE PRUE

Le considerazioni già fatte per gli angoli di rotta valgono anche per gli angoli di prua. Le relazioni algebriche per queste ultime sono le seguenti:

$Pm = Pv - (\pm d)$

$Pv = Pm + (\pm d)$

$Pb = Pm - (\pm \delta)$

$Pm = Pb + (\pm \delta)$

$Pv = Pb + (\pm d) + (\pm \delta)$ *"Formula correzione prue"*

$Pb = Pv - (\pm d) - (\pm \delta)$ *"Formula conversione prue"*

Esempio:

dati: $Pb = 120°$ $d = 6°E$ $\delta = 4°E$ Trovare "Pv"

$Pv = 120° + (+6°) + (+4°) = 130$

dati: $Pv = 310°$ $d = 8°W$ $\delta = 2°E$ Trovare "Pb"

$Pb = 310° - (-8°) - (+2°) = 316°$

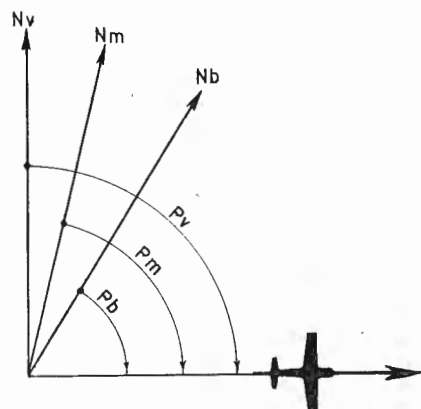



Fig. 113 - Prue

DERIVA

E' l'angolo compreso fra la direzione effettivamente seguita dall'aereo rispetto al suolo, e quella del suo asse longitudinale, perciò si può anche dire che è l'angolo esistente tra rotta e prua.

Essa assume il valore *massimo* quando il vento spira perpendicolarmente alla rotta, ed è *nulla* quando il vento spira parallelamente alla direzione di moto dell'aereo, ossia in coda o in prua. In queste condizioni sarà invece massima la variazione, in più o in meno, della velocità effettiva del velivolo riferita al suolo.

La deriva è *positiva* se il vento batte sul lato sinistro del velivolo; in tal caso infatti, se non contrastata, farebbe aumentare il valore angolare della rotta prefissata; è *negativa* nel caso contrario.

Fig. 114

Vento da sinistra, deriva positiva $(+l)$ Vento da destra, deriva negativa $(-l)$

ANGOLO CORREZIONE DERIVA

E' l'angolo di correzione da apportare all'asse longitudinale del velivolo per contrastare lo scostamento provocato dall'azione del vento, al fine di poter seguire una rotta prestabilita. Comunemente si usa parlare di deriva sia per significare la deriva propriamente detta, sia per intendere la *correzione di deriva*. In realtà però i rispettivi angoli non sono uguali, dato il diverso angolo sotto cui si contrasta l'azione del vento. Ad ogni modo, agli effetti pratici, essi vengono considerati equivalenti (Fig. 115).

- AB rappresenta la rotta presunta
- AC rappresenta la rotta percorsa
- BAC rappresenta l'angolo di deriva
- AD rappresenta la direzione che deve assumere l'asse longitudinale del velivolo per contrastare l'azione del vento
- DAB rappresenta l'angolo di correzione di deriva

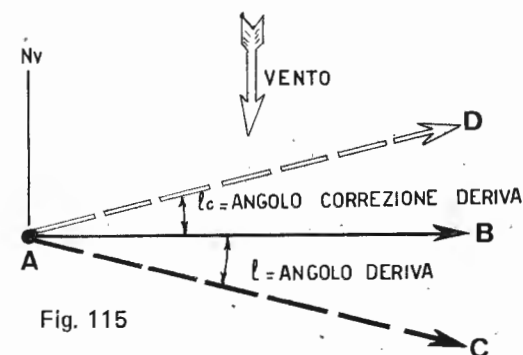



Fig. 115

RELAZIONE TRA ROTTA E PRUA - FORMULE RISULTANTI

Data la prua si ottiene la rotta aggiungendo algebricamente l'angolo di deriva, mentre conoscendo la rotta si ottiene la prua sottraendo algebricamente l'angolo di deriva.

$R = P + (\pm l)$ $\qquad\qquad$ $P = R - (\pm l)$

Esempio:

dati: $Pv = 100°$ $\quad l = +10°$ $\quad$ Trovare la "Rv"

$Rv = 100° + (+10°) = 110°$

dati: $Rv = 80°$ $\quad l = -5°$ $\quad$ Trovare la "Pv"

$Pv = 80° - (-5°) = 85°$

Formule risultanti

Dalla figura 116 si deduce che:

– $Rv = Pb + (\pm d) + (\pm \delta) + (\pm l)$ *Formula correzione risultante rotte*

– $Pb = Rv - (\pm d) - (\pm \delta) - (\pm l)$ *Formula correzione risultante prue*

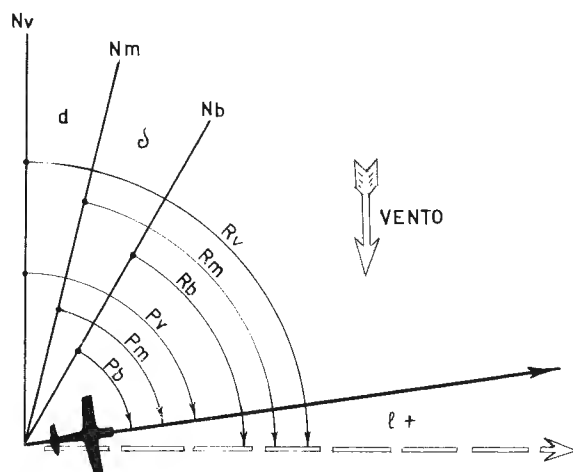



Fig. 116

Sempre dalla figura 116 è facile intuire quanto segue:

– in assenza di vento o quando spira in coda o in prua, l'angolo di prora è uguale a quello di rotta;

– con vento sulla sinistra, l'angolo di prua è minore di quello di rotta;

– con vento sulla destra, l'angolo di prua è maggiore di quello di rotta.

DEFINIZIONI DI VELOCITA'

Quando si parla di velocità di un velivolo bisogna distinguere se si tratta di *velocità all'aria* o di *velocità al suolo.*

Velocità all'aria

E' la velocità propria dell'aereo rispetto all'aria che lo circonda, quella cioè indicata dall'anemometro e che si identifica con la sigla "Vi" (o I.A.S. = *indicated air speed*). Occorre però precisare, che per ottenere la **velocità vera all'aria**, "Va" (o T.A.S. = *true air speed*), la "Vi" deve essere corretta degli errori di quota e temperatura.

Velocità al suolo "Vs" (o G.S. = *ground speed*)

E' la risultante tra la velocità del velivolo e quella del vento, corrispondente alla velocità effettiva del velivolo rispetto al suolo.

TRIANGOLO DEL VENTO

Il triangolo del vento è un diagramma che mostra l'effetto del vento su un aereo in volo, e che permette la risoluzione dei problemi di navigazione.

Graficamente tale triangolo, con una adatta scala, è rappresentato da tre grandezze vettoriali così denominate:

Vettore terra - definito dalla rotta vera (Rv) e dalla velocità al suolo (Vs);

Vettore aria - definito dalla prua vera (Pv) e dalla velocità vera (Va);

Vettore vento - definito dalla direzione di provenienza del vento e dalla sua velocità (Vv).

RISOLUZIONE GRAFICA DEL TRIANGOLO DEL VENTO

Il problema principale che deve essere risolto prima di ogni volo, è quello di determinare graficamente l'angolo di prua vera (Pv) e la velocità al suolo (Vs). Una volta conosciuti questi elementi si possono calcolare: l'angolo di deriva (l), il tempo di volo, il consumo, ecc.

Le operazioni da farsi sono le seguenti (Fig. 117):

1) - sulla carta nautica si traccia la rotta A-B e si determina il relativo valore angolare (Rv);
2) - dall'ufficio meteo si ottiene la direzione e velocità del vento (Vv);
3) - per velocità vera del velivolo (Va) si assume quella di crociera (Vi) ovviamente corretta degli errori di quota e temperatura previsti;
4) - si fissa un'adatta scala a cui riferire i valori delle grandezze vettoriali;
5) - dal punto di partenza A, in base all'apposita scala, si traccia il segmento del vettore vento (Vv), orientato secondo la direzione da cui il vento stesso spira;
6) - dalla testa del vettore vento (punto C), con apertura di compasso pari alla velocità vera (Va), rapportata alla scala prefissata, si interseca la rotta nel punto D;
7) - unire C con D, tale vettore rappresenta la velocità vera (Va);
8) - tracciare la retta A-M parallela alla Va, essa rappresenta la prua vera (Pv);
9) - la velocità al suolo (Vs) è rappresentata dal vettore A-D;
10) - l'angolo $\hat{ADC}$ rappresenta la deriva (l');
11) - l'angolo $\hat{MAB}$ rappresenta la correzione di deriva (l).

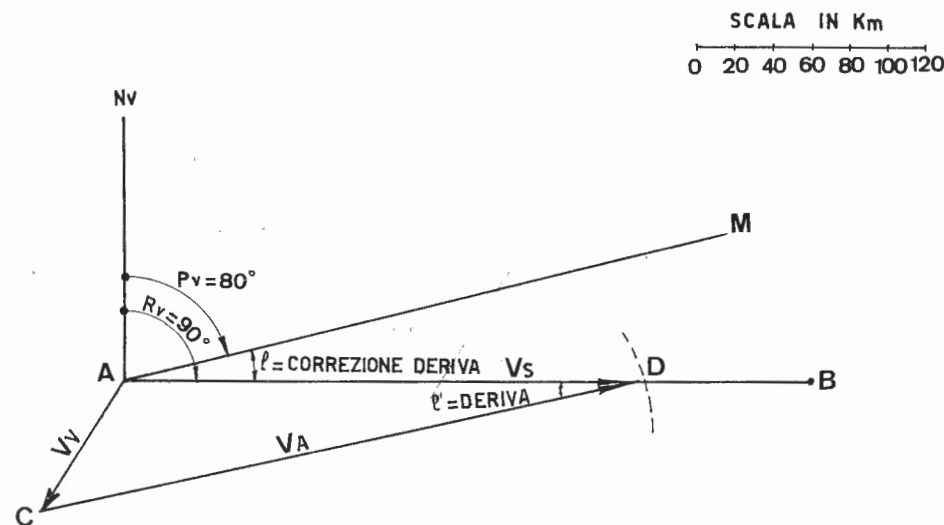



Fig. 117

Esempi e risoluzione di alcuni triangoli del vento:

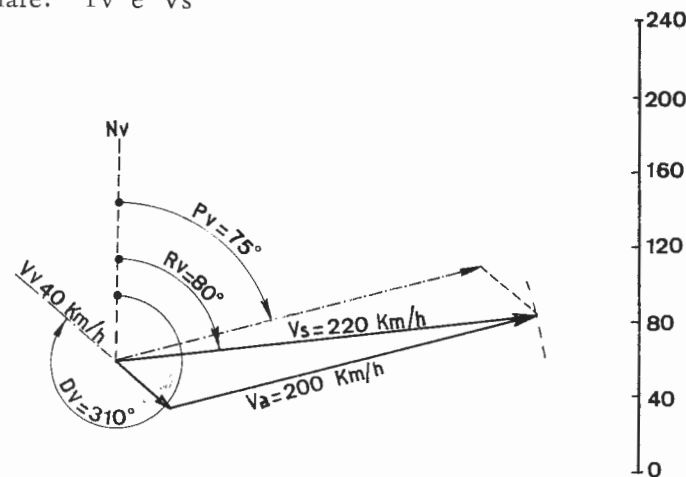
Dati: Rv = 80°; Va = 200 km/h; Vv = 40 km/h; Direzione del vento = 310°;

Determinare: Pv e Vs

Fig. 118

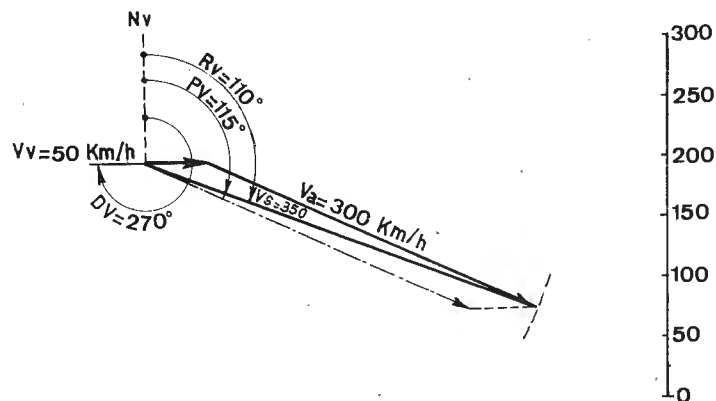
Dati: Rv = 110°; Va = 300 km/h; Vv = 50 km/h;
Direzione del vento = 270°;

Determinare: Pv e Vs

Fig. 119

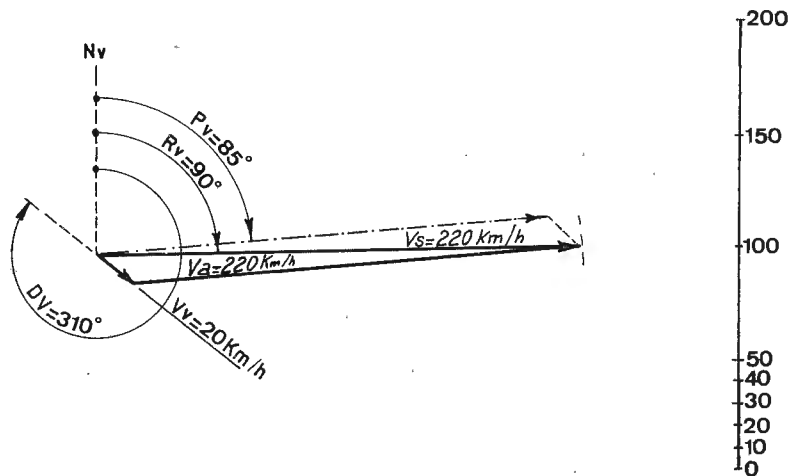
Dati: Rv = 210°; Va = 200 km/h; Vv = 20 km/h;
Direzione del vento = 310°;

Determinare: Pv e Vs

Fig. 120

Dati: Rv = 210°; Va = 90 Kts; Vv = 30 Kts;
Direzione del vento = 270°;

Determinare: Pv e Vs

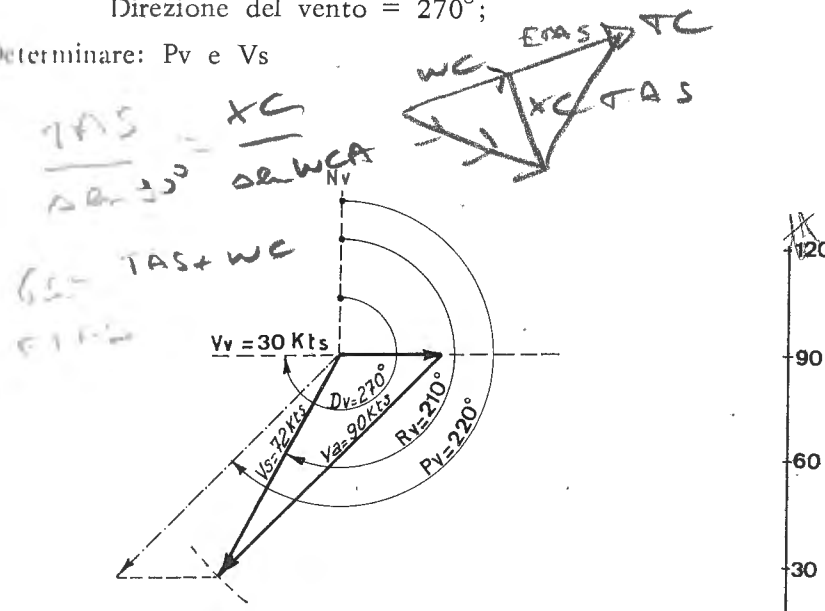



Fig. 121

TIPI DI NAVIGAZIONE

La navigazione aerea, a seconda dei modi e metodi impiegati per la condotta dell'aereo, si suddivide in:

- **Navigazione osservata;**
- **Navigazione stimata;**
- **Navigazione rilevata;**
- **Navigazione astronomica;**
- **Navigazione isobarica;**

Nella presente trattazione ci limiteremo ad illustrare brevemente soltanto i primi tre dei suddetti tipi di navigazione.

La *navigazione osservata* è quella che si effettua riconoscendo direttamente dall'alto i punti caratteristici del terreno sorvolato e confrontandoli sulla carta. E' indubbiamente il sistema più semplice di navigazione e non richiede l'ausilio di strumenti; è però possibile solo su zone di facile individuazione e con favorevoli condizioni di visibilità. Oggi, pur essendo essa in disuso, è ancora di grande utilità per i piloti dei velivoli da turismo.

La *navigazione stimata* è quella che è alla base di tutta la navigazione aerea. Con essa è possibile stimare la posizione del velivolo in ogni istante; gli elementi di stima sono: il tempo, la velocità al suolo e la rotta effettivamente seguita. Per determinare tali elementi (oltre a tener conto dell'azione del vento) sono indispensabili: la bussola, l'anemometro, l'orologio. A questi possiamo aggiungere l'altimetro ed il termometro.

La *navigazione rilevata* è quella in cui la posizione del velivolo viene dedotta riferendola a punti noti, anche non visibili, della superficie terrestre, mediante l'uso di particolari apparecchiature radio rice-trasmittenti. Essa ha assunto oggi una importanza grandissima per la precisione, semplicità e generalità d'impiego.

PREPARAZIONE DI UN VOLO

Qualsiasi volo deve essere sempre preceduto dallo studio particolareggiato di ogni dettaglio, in modo da semplificare al massimo il lavoro del pilota durante il volo stesso.

Nella preparazione del volo possiamo distinguere le seguenti fasi:

esame della carta, scelta della rotta, scelta e studio dei punti di riferimento e di controllo, analisi delle informazioni disponibili, compilazione del cartello di rotta.

Molto prima del volo è necessario procedere ad un accurato ed attento esame della rotta da sorvolare poichè a bordo non c'è tempo e spazio per stendere la carta allo scopo di studiarla. Nella scelta della rotta si deve tener conto delle caratteristiche e della configurazione del terreno da sorvolare, degli ostacoli naturali o artificiali, dell'esistenza di aeroporti e campi di fortuna utilizzabili, delle zone vietate al sorvolo.

Inoltre, deve essere posta molta cura nella scelta dei punti di riferimento, in quanto essi permettono di controllare il cammino percorso e costituiscono una guida nella condotta della navigazione stessa.

Di massima, occorre scegliere dei punti caratteristici isolati ed inconfondibili.

Un'accurata analisi delle informazioni disponibili permetterà di conoscere in precedenza le condizioni esistenti lungo la rotta, le assistenze alla navigazione, le caratteristiche degli aeroporti di dirottamento o di fortuna, le quote di volo, ecc.

Tali notizie vengono raccolte dalle seguenti fonti:

– A.I.P. *(Pubblicazioni di informazioni Aeronautiche)*
– NOTAM *(Avvisi agli aeronaviganti)*
– *Informazioni meteorologiche.*

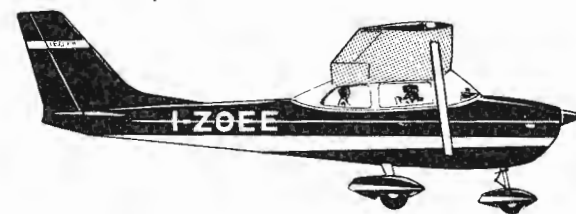
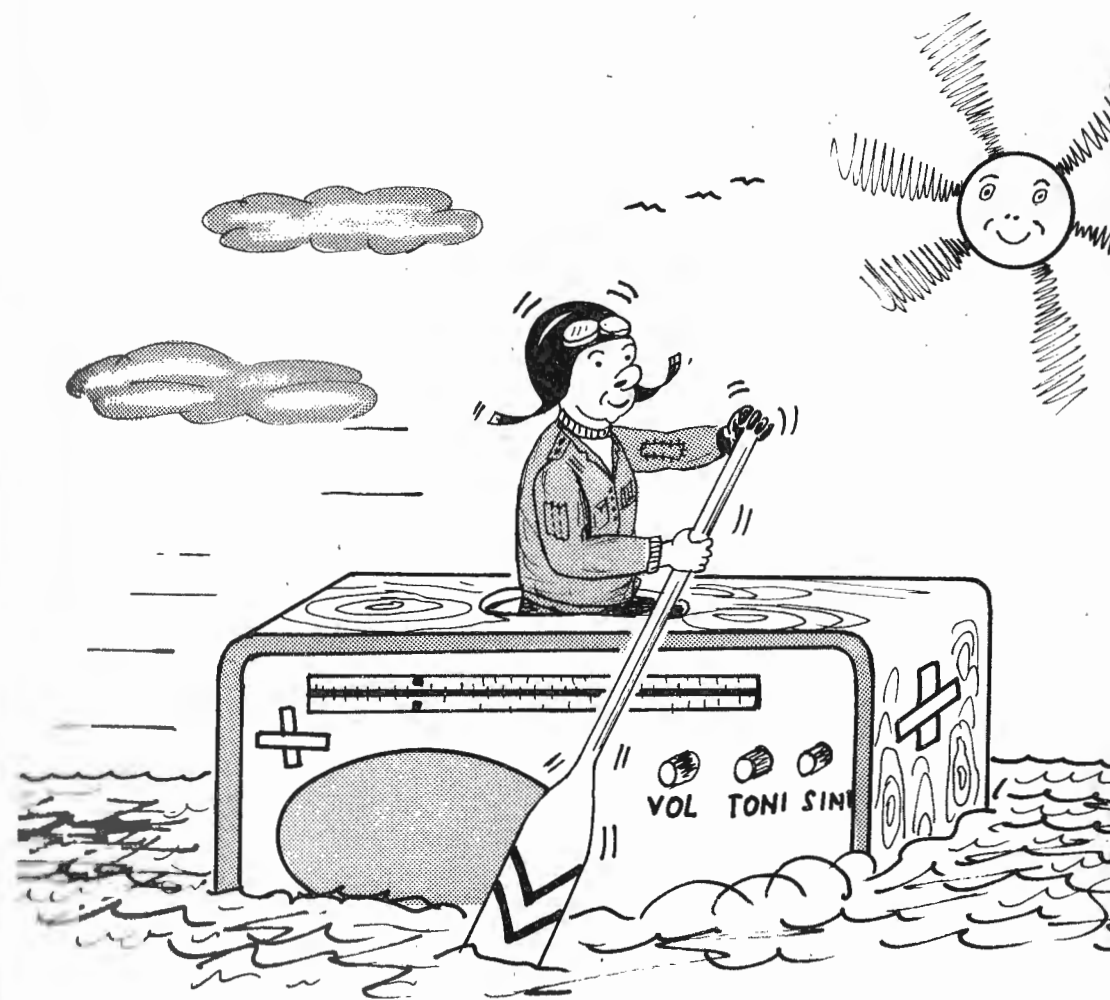



Fig. 122

RADIONAVIGAZIONE

RADIOFREQUENZE

Come è noto, si dice che la corrente elettrica è alternata, quando il suo valore varia secondo oscillazioni sinusoidali da zero ad un massimo positivo a zero, per poi assumere un massimo negativo e ritornare nuovamente a zero, e così via. Tali alternanze sono chiamate *cicli* (o onde). Chiamasi *frequenza* il numero dei cicli che si verificano in un minuto secondo.

La velocità con cui si propagano le radioonde è la stessa della luce, ossia 300.000 km. al minuto secondo.

Esiste una relazione fissa tra velocità di propagazione, frequenza e lunghezza d'onda. Infatti si ha che:

$$f = \frac{V}{\lambda} \qquad \text{da cui} \qquad \lambda = \frac{V}{f}$$

dove "f" è la frequenza; "V" la velocità di propagazione espressa in metri (300.000.000 m. al secondo); "λ" la lunghezza d'onda in metri.

L'unità di misura della frequenza è il *ciclo* al minuto secondo (C/s). Per esprimere frequenze molto alte si usano due multipli del ciclo, ossia il *kilociclo* al secondo (Kc/s) che corrisponde a 1000 cicli, ed il *Megaciclo* al secondo (Mc/s) che corrisponde a 1.000.000 di cicli.

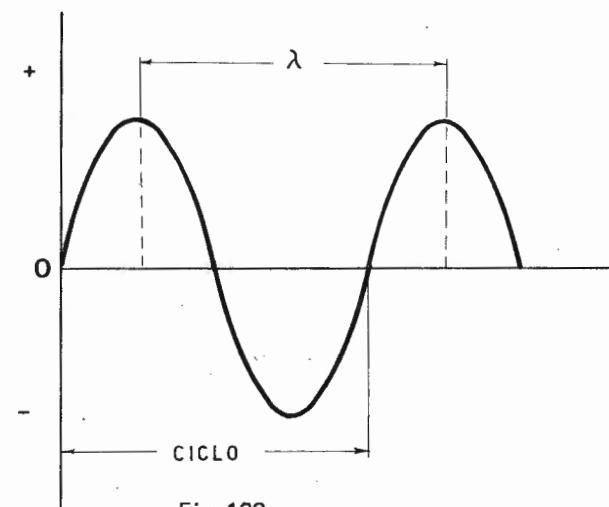



Fig. 123

SUDDIVISIONE DELLE RADIOFREQUENZE

VLF	(Very low frequency) *Frequenze molto basse*	da 0 a 30 Kc/s	onde miriametriche superiori a 10.000 m.
LF	(Low frequency) *Basse frequenze*	da 30 a 300 Kc/s	onde chilometriche da 10.000 a 1000 m.
MF	(Medium frequency) *Medie frequenze*	da 300 a 3000 Kc/s	onde ettometriche da 1000 a 100 m.
HF	(High frequency) *Alte frequenze*	da 3000 a 30000 Kc/s	- onde decametriche da 100 a 10 m.
VHF	(Very high frequency) *Altissime frequenze*	da 30 a 300 Mc/s	onde metriche da 10 m. a 1 m.
UHF	(Ultra high frequency) *Frequenze ultra alte*	da 300 a 3000 Mc/s	onde decimetriche da 1 m. a 1 dm.
SHF	(Super high frequency) *Frequenze super alte*	da 3000 a 30000 Mc/s	- onde centimetriche da 10 a 1 cm.
EHF	(Extra high frequency) *Frequenze extra alte*	da 30000 MC/s in poi	- onde millimetriche da 10 mm. a 1 mm.

Le *basse* (LF) e *medie* (MF) frequenze vengono utilizzate per la radionavigazione a lungo e breve raggio (Consol - Loran - Decca - NDB). Tali frequenze sono soggette a disturbi di origine atmosferica, per cui, durante le forti perturbazioni meteorologiche, il loro aiuto alla radionavigazione è di poco affidamento.

Le *alte* frequenze (HF), in considerazione della loro grande portata, che può raggiungere diverse migliaia di chilometri anche con apparati di piccola potenza, vengono largamente impiegate nei servizi dell'assistenza al volo, in particolar modo nei collegamenti *terra/bordo/terra*, sia in

telegrafia che in radiofonia. Le frequenze in parola sono meno sensibili ai disturbi atmosferici.

La caratteristica di propagazione nella gamma delle alte frequenze, risulta migliore durante il giorno per le frequenze più alte, mentre più udibili sono le più basse durante le ore notturne.

Le *altissime* frequenze (VHF) sono limitatamente usate per i collegamenti tra le stazioni a terra (ponti radio) a causa della loro caratteristica propagazione che avviene per onda diretta, ossia a *vista* (o raggio ottico). Vengono invece assai impiegate nei collegamenti *terra/bordo*, in quanto l'antenna di bordo trovandosi ovviamente ad una certa altezza nello spazio rimane in "vista" per considerevoli distanze. E' chiaro naturalmente che la portata aumenterà con l'aumentare della quota. Praticamente si può considerare che come minimo i collegamenti in VHF possono raggiungere distanze da 60 a 100 km. ad una quota di 300 mt., e dai 250 ai 300 km. per quote comprese tra i 5000 e 6000 metri.

Le altissime frequenze offrono il grande vantaggio di essere esenti da disturbi atmosferici, per cui sono in grado di assicurare la radioassistenza in qualsiasi condizione di tempo.

RADIOGONIOMETRIA CON L'IMPIEGO DEL RADIOGONIOMETRO INSTALLATO A TERRA

Genericamente, per *rilevamento* si intende l'angolo sotto cui si vede un oggetto rispetto ad una determinata linea di riferimento.

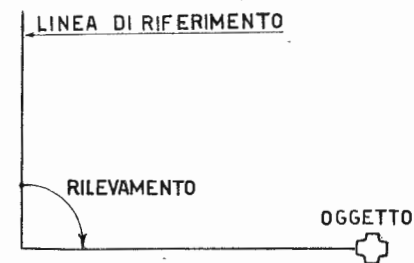



Fig. 124

Dei **radiogoniometri** comunemente denominati "DF" (Direction finding), sigla di abbreviazione adottata in uso dai paesi membri dell'O.A.C.I., vengono ormai solo impiegati i VDF, radiogoniometri ad altissima frequenza, che lavorano nella gamma compresa tra i 117.9 e 132 Mc/s.

Il radiogoniometro è una apparecchiatura radioelettrica capace di individuare la direzione ed il senso di provenienza dei segnali emessi da un comune apparato radio. Con una stazione radiogoniometrica installata a terra è possibile rilevare un velivolo munito di radio rice-trasmittente in un punto qualsiasi. Si determina cioè, il valore dell'angolo compreso tra il meridiano passante per la stazione e la semiretta immaginaria che congiunge la stazione radiogoniometrica col velivolo, indipendentemente dal valore di prua di quest'ultimo. Il rilevamento così ottenuto dicesi *rilevamento diretto*; aggiungendo o togliendo ad esso 180°, si ottiene il *rilevamento inverso* (Fig. 125).

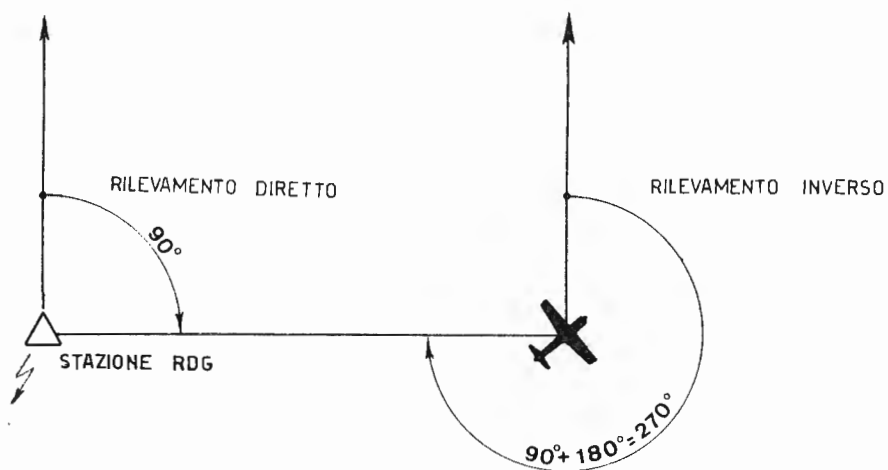



Fig. 125

Da quanto sopra specificato, si può dire che: per rilevamento diretto si intende l'angolo sotto cui la stazione vede il velivolo, mentre per rilevamento inverso, si intende l'angolo sotto cui l'aereo vede la stazione. Inoltre, a seconda del meridiano a cui sono riferiti tali rilevamenti, possono essere *veri* o *magnetici*, e differiranno tra loro per il valore della declinazione magnetica esistente nel punto in cui si trova il radiogonio metro (fig. 126).

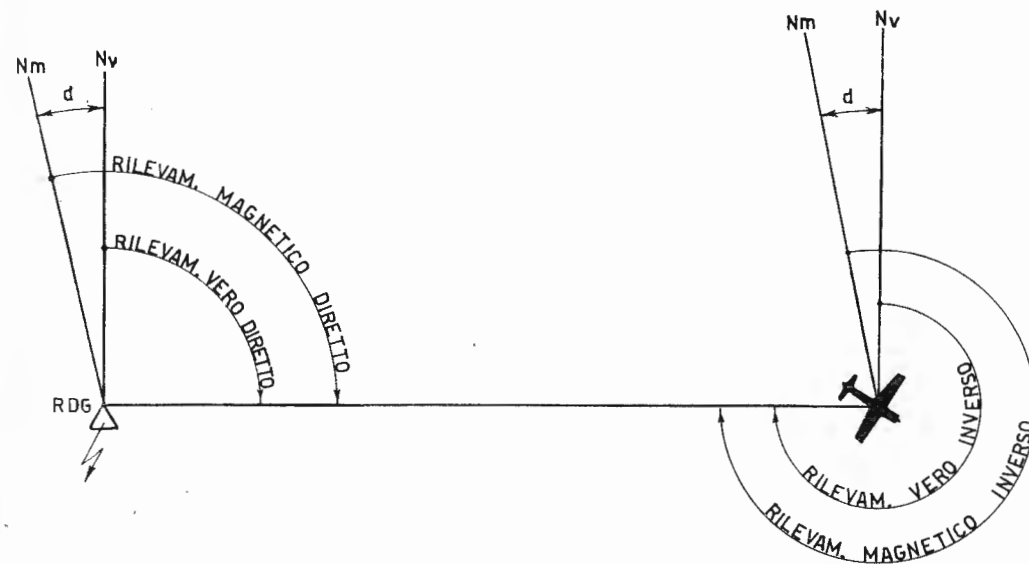



Fig. 126

Si ricorda che in Italia la declinazione magnetica attualmente è negativa (Ovest) pertanto, nella figura esemplificata, riteniamo opportuno far cadere a sinistra del Nord Vero quello magnetico.

DEFINIZIONE DEI RADIORILEVAMENTI SECONDO LE VOCI DEL CODICE "Q"

Secondo le voci del codice "Q" i radiorilevamenti sono così definiti:

QTE - Rilevamento vero diretto
in codice significa: per quanti gradi mi rilevate rispetto alla stazione con riferimento al Nv?

QDR - Rilevamento magnetico diretto
in codice significa: per quanti gradi mi rilevate rispetto alla stazione con riferimento al Nm?

QUJ - Rilevamento vero inverso
in codice significa: qual'è la rotta vera da seguire, in assenza di vento, per dirigermi su di voi?

QDM - Rilevamento magnetico inverso
in codice significa: qual'è la rotta magnetica da seguire, in assenza di vento, per dirigermi su di voi?

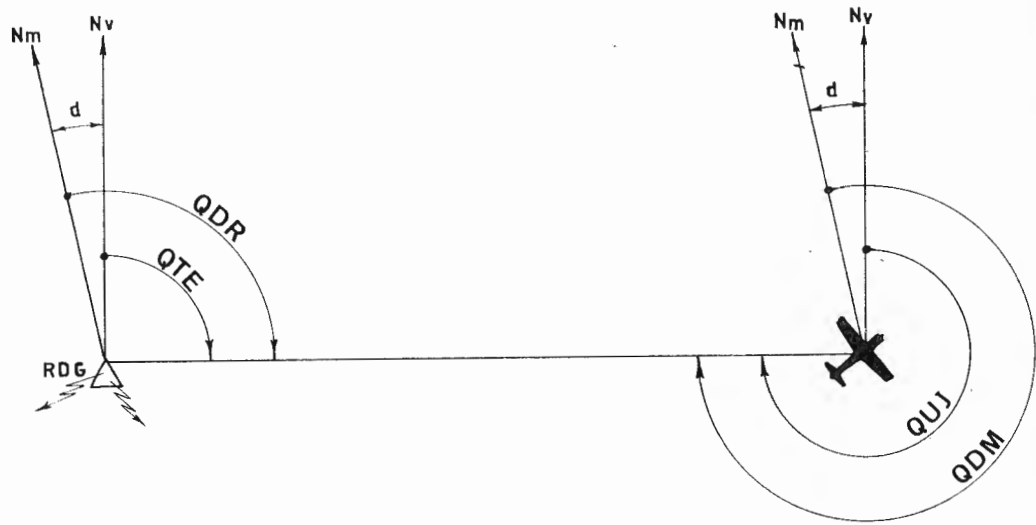



Fig. 127

A giudizio delle stazioni radiogoniometriche, i rilevamenti in parola possono essere classificati come segue:

Classe A - accuratezza entro più o meno 2°
Classe B - accuratezza entro più o meno 5°
Classe C - accuratezza entro più o meno 10°
Classe D - accuratezza inferiore alla classe C.

NAVIGAZIONE CON RADIOGONIOMETRO IN PRUA

Non esistono difficoltà ad immaginare la posizione in cui ci possiamo trovare rispetto ad un radiogoniometro, di cui sia nota l'ubicazione geografica, quando questi ci fornisce rilevamenti *diretti*, ossia QTE e QDR. Ad esempio, se riceviamo un QTE di 48°, immediatamente *visualizziamo* questa direzione come prossima a Nord-Est, e riusciamo rapidamente a stabilire la nostra posizione rispetto alla stazione radiogoniometrica stessa.

Non è così facile invece, se ci vengono comunicati rilevamenti *inversi*, ossia QUJ e QDM.

Infatti, rendersi conto che a QDM 135° corrisponde la posizione *Nord-Ovest* rispetto al radiogoniometro non è, per il non iniziato, cosa che si immagina con altrettanta prontezza e facilità. Per cui, al fine di poter visualizzare con rapidità detti rilevamenti, conviene esercitarsi mentalmente ad immaginare il radiogoniometro piazzato al centro della *raggiera sessagesimale* e considerare i rispettivi 360 raggi di quest'ultima convergenti verso il radiogoniometro stesso, con i valori *invertiti* (vedi Fig. 128).

Un velivolo che sia stato rilevato con QDM 270° deve navigare verso *Ovest* se vuol arrivare sulla stazione, pertanto si trova ad *Est* del radiogoniometro che lo ha rilevato.

Tengasi presente che i rilevamenti *inversi* offrono il vantaggio di coincidere, in assenza di vento, con il valore dell'angolo di rotta che il velivolo deve seguire per raggiungere la stazione radiogoniometrica.

AVVICINAMENTO SENZA TENER CONTO DELLA DERIVA

L'avvicinamento che si effettua senza tener conto della deriva è il

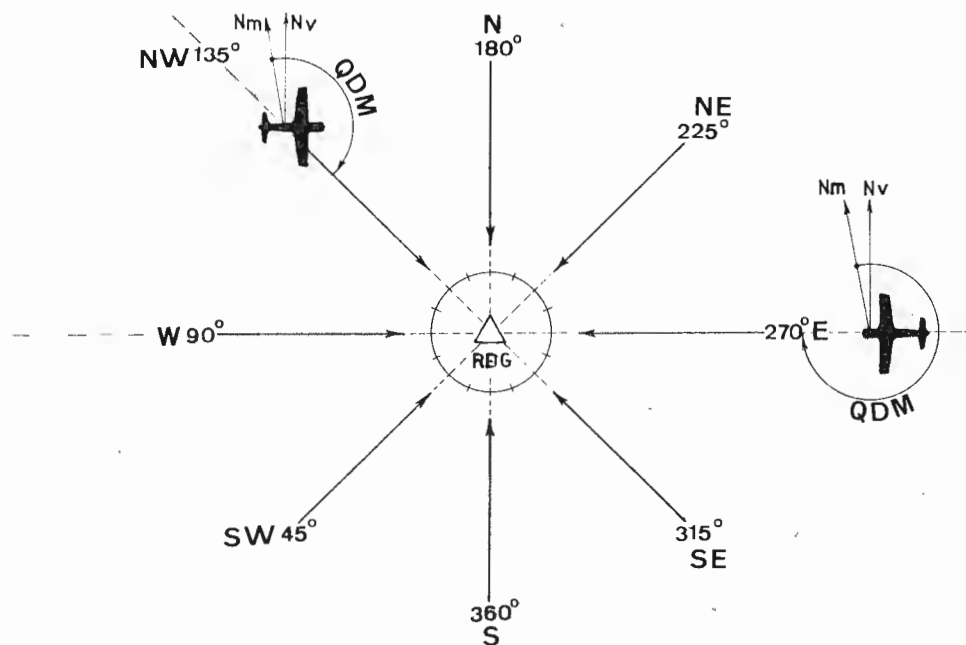



Fig. 128

più semplice, poichè basta inserire in bussola, uno dopo l'altro, i valori dei rilevamenti (QDM) che si ricevono dalla stazione radiogoniometrica.

Questo procedimento non è il più sicuro, nè tecnicamente il migliore; infatti il velivolo, con tale procedura, segue un percorso chiamato comunemente *curva del cane*, e arriva controvento sul radiogoniometro (vedi Fig. 129).

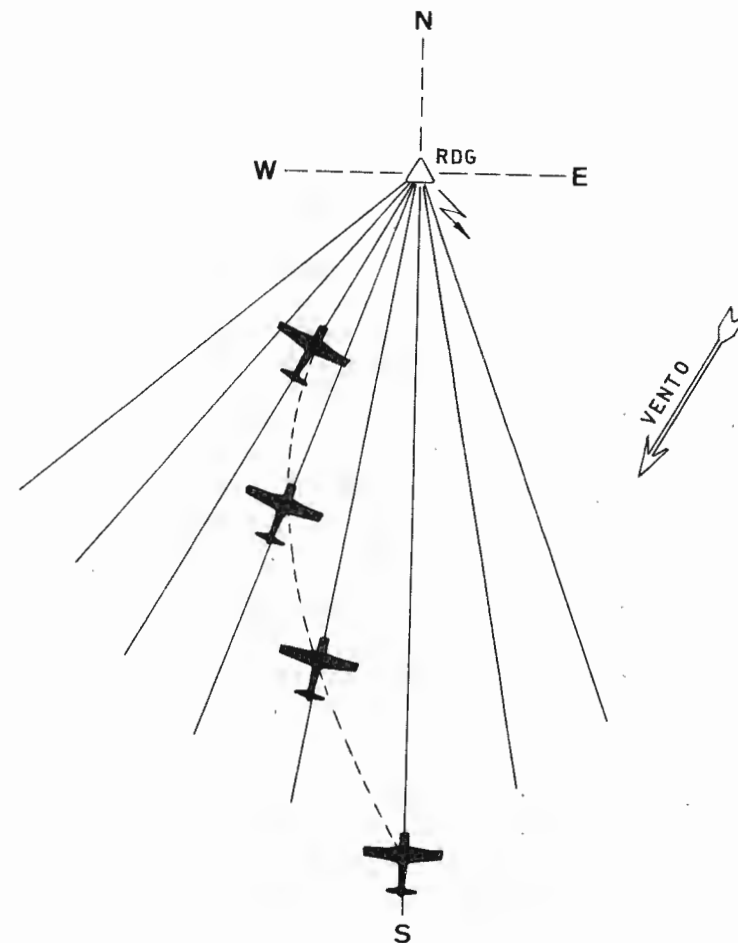



Fig. 129 - Come risulta chiaramente in figura il velivolo, per effetto del vento proveniente da destra e non contrastato, viene progressivamente scarrocciato sulla sinistra, percorrendo in tal modo la cosiddetta curva del cane.

AVVICINAMENTO CON CORREZIONE DELLA DERIVA

1) - Chiedere un primo QDM ed eseguire la virata più breve per assumere una prua uguale al rilevamento ricevuto, che viene *adottato* come rotta magnetica di avvicinamento.

2) - Mantenere rigorosamente il valore di tale rilevamento per alcuni minuti, indi chiedere un secondo QDM. Se il valore di questo QDM è *minore* di quello precedente, significa che il velivolo è *scostato a destra della rotta*, se invece è *maggiore*, il velivolo è *scostato a sinistra della rotta.*

3) - Una volta determinato lo scostamento, si effettua la manovra di rientro in rotta, tenendo presente la seguente regola mnemonica:
   - **QDM in aumento** (velivolo a sinistra della rotta) **aumentare la prua** (accostare a destra);
   - **QDM in diminuzione** (velivolo a destra della rotta) **diminuire la prua** (accostare a sinistra).

4) - Il valore dell'angolo dell'accostata può essere scelto a piacimento, in pratica non conviene però mai accostare più di 20 - 30 gradi. Durante l'accostata si chiedono successivi QDM fino ad intercettare la rotta iniziale. A questo punto si esegue la riaccostata e si inserisce, per intuizione, la correzione della deriva, l'esattezza del cui valore sarà confermata da una *serie* di rilevamenti costanti.

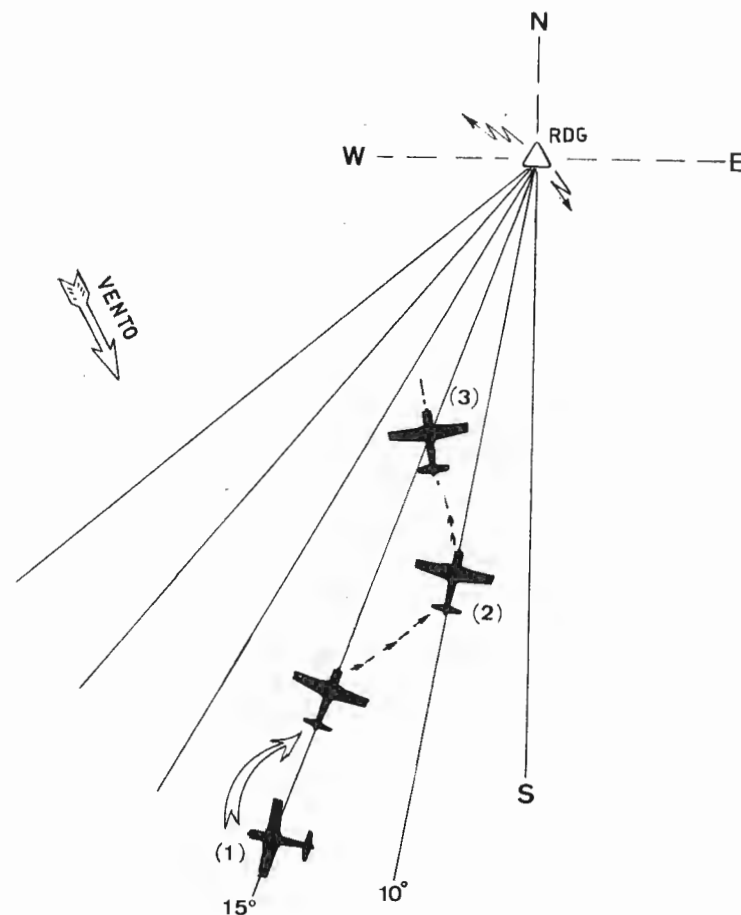



Fig. 130

Posizione (1) - Richiesta del primo QDM il cui valore è di 15°. Si vira a destra (virata più breve), per assumere la prua che si adotta per l'avvicinamento.

Posizione (2) - Richiesta del secondo QDM il cui valore è di 10°, e siccome è inferiore di quello adottato per l'avvicinamento, per rientrare in rotta si deve accostare di 30° a sinistra; durante l'accostata si chiedono successivi rilevamenti, fino ad intercettare il rilevamento iniziale, anzi un po' prima di raggiungerlo, effettuare la riaccostata per riportarsi sulla rotta primitiva.

Posizione (3) - Il velivolo è sulla rotta iniziale, ma con una prua inferiore al fine di correggere la deriva. Tale correzione viene fatta per intuizione, se la correzione in parola è indovinata i successivi QDM si manterranno su un valore costante.

AVVICINAMENTO AL RADIOGONIOMETRO CON ROTTA OBBLIGATA (QMS)

1) - Assumere prua uguale alla *rotta obbligata* e chiedere un QDM.

2) - Accostare a *destra* se la rotta obbligata è *minore* del QDM ricevuto; oppure a *sinistra* se essa è *maggiore* del QDM ricevuto.
Il valore dell'angolo dell'accostata deve essere pari alla differenza tra il QDM ricevuto ed il QMS da raggiungere, più 30°.

3) - Durante l'accostata chiedere successivi rilevamenti fino ad intercettare la rotta obbligata, anzi, un poco prima di raggiungerla, iniziare la riaccostata per l'aggiustamento di prua.

CALCOLO DELLA DISTANZA IN TEMPO DAL RADIOGONIOMETRO
(Metodo dei 90°).

1) - Chiedere un primo QDM ed assumere prua uguale al rilevamento ricevuto.

2) - Accostare di 90° a destra od a sinistra e ad accostata ultimata scattare il cronometro.

3) - Mantenere prua e velocità costanti e chiedere successivi rilevamenti fino ad ottenere una variazione di 5 - 10 - 15 - 20 gradi rispetto al primo QDM, tenendo contemporaneamente nota del tempo trascorso.

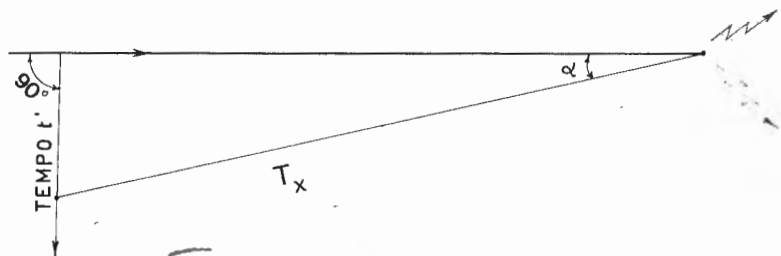



Fig. 131

4) Applicare la seguente formula:

$$Tx = \frac{60 \cdot t'}{\alpha}$$

in cui "t" è il tempo espresso in minuti intercorso per ottenere la variazione angolare "α"; 60 un numero fisso per cui debbono essere moltiplicati i minuti primi.

Generalmente si scelgono "10 gradi" di variazione angolare; in tal modo il calcolo diventa più facile ed immediato, infatti, basta dividere il tempo volato tradotto in minuti secondi per "10".

CALCOLO DELLA DISTANZA IN TEMPO DAL RADIOGONIOMETRO
(Metodo dei 30°).

1) - Chiedere un primo QDM ed assumere prua uguale al rilevamento ricevuto.

2) Accostare di 30° a sinistra o a destra e, ad accostata ultimata, scattare il cronometro.

3) Trascorsi "*due*" o "*quattro*" minuti chiedere un secondo QDM.

4) Calcolare la differenza tra il primo e secondo QDM ed in base alle rispettive seguenti formule determinare il tempo in minuti di volo dalla stazione:

$$Tx = \frac{60}{\alpha} \quad \text{oppure} \quad Tx = \frac{120}{\alpha}$$

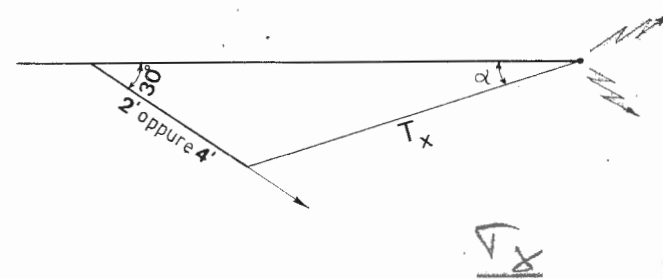



Fig. 132

NAVIGAZIONE CON RADIOGONIOMETRO IN CODA

Ci siamo già resi conto di come risulti abbastanza facile *visualizzare* la nostra posizione nei confronti di una stazione radiogoniometrica, della quale sia nota l'ubicazione geografica, quando essa ci fornisce rilevamenti *diretti,* ossia QTE e QDR.

In questo caso dobbiamo immaginare i raggi sessagesimali *divergenti* dal radiogoniometro che supponiamo sempre piazzato al centro della raggiera stessa (fig. 133).

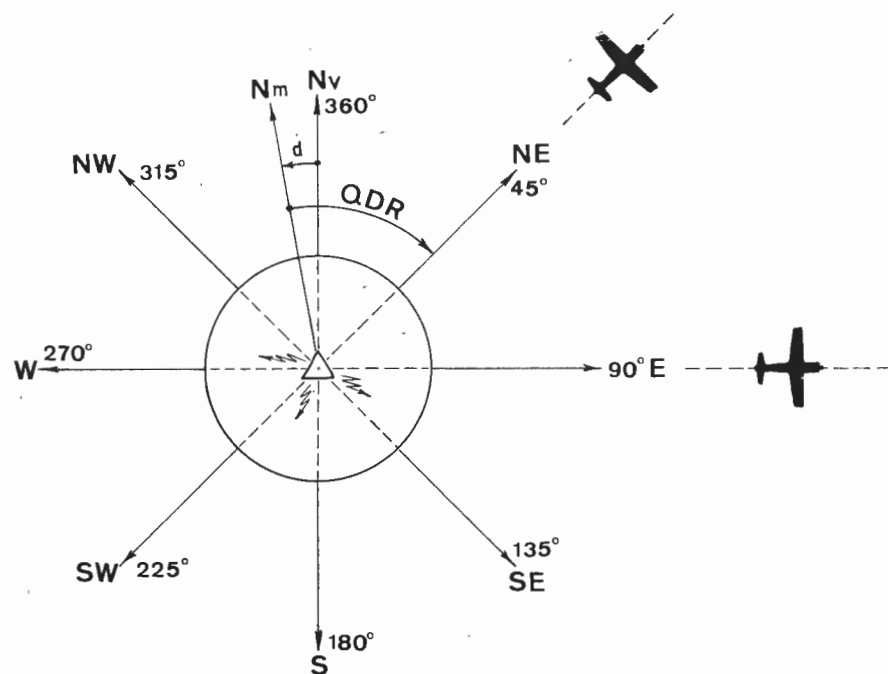



Fig. 133

Abbiamo visto precedentemente come sia possibile navigare *verso* un radiogoniometro, tenendo conto o meno dell'effetto del vento, percorrendo in quest'ultimo caso la cosiddetta *curva del cane.* E' bene chiarire subito, che navigando col radiogoniometro in coda non si possono inseguire i rilevamenti ma è indispensabile, per raggiungere la destinazione, calcolare la deriva e mantenersi in rotta, facendo le opportune correzioni. Per quanto riguarda il mantenimento di una rotta prefissata, vale come criterio quanto già descritto a proposito dell'avvicinamento per QDM, con l'importante variante che i QDR seguono una regola opposta. In altre parole, se un velivolo è scostato sulla *sinistra* della rotta, il valore del QDR *diminuisce,* in tal caso pertanto l'accostata di rientro si fa verso destra (Fig. 134).

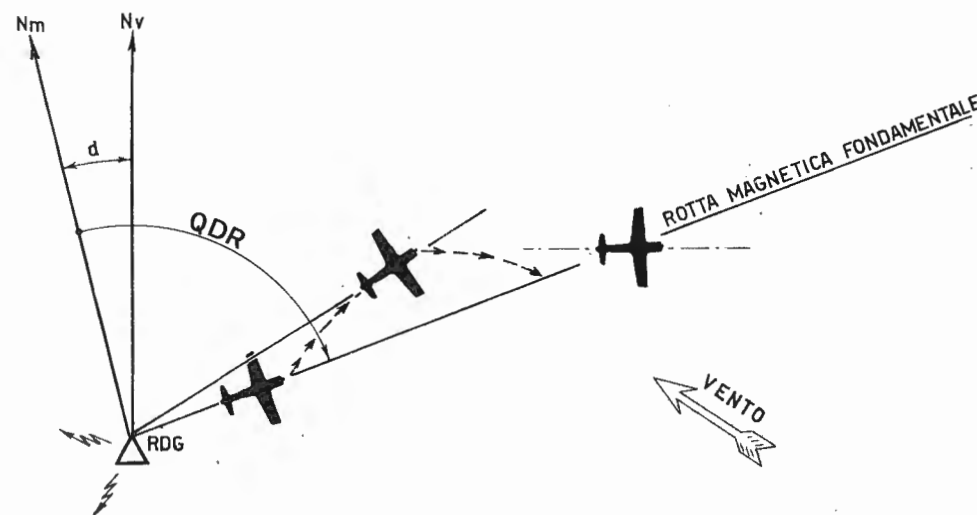



Fig. 134

Si rammenti la seguente regola mnemonica fondamentale:

– **QDR in aumento** (velivolo a destra della rotta) **diminuire la prua;**
– **QDR in diminuzione** (velivolo a sinistra della rotta) **aumentare la prua.**

CONTROLLO DELLA ROTTA E RICERCA DELLA DERIVA CON IL RADIOGONIOMETRO IN CODA

Allontanandosi da un RDG, l'entità della correzione di deriva si ottiene facendo la differenza tra il valore della rotta magnetica prestabilita ed il valore del *primo* rilevamento (QDR). Si precisa che il primo QDR può essere chiesto in un istante qualsiasi, in quanto, considerando il vento costante pur aumentando lo scostamento di rotta col passare del tempo, il relativo angolo non varia. Una volta determinato il valore ed il segno della deriva si provvede in maniera opportuna a rientrare in rotta, chiedendo successivi QDR. Poco prima di raggiungere tale rotta, si effettua la controaccostata, tenendo conto della deriva già nota.

RIENTRO IN ROTTA COL METODO " $2\alpha t$ "

1) - Chiedere il primo QDR;
2) - Accostare di 30° contro vento;
3) - Proseguire con prua costante per un tempo in secondi (T^S) pari a " $2\alpha t$ ", in cui:
   - α (alfa) rappresenta la differenza angolare tra la Rm prefissata e il QDR ricevuto;
   - "t" rappresenta il tempo in minuti primi trascorso dalla partenza all'istante in cui si riceve il rilevamento.
4) - Allo scadere del tempo T^S, assumere la Rm prefissata con l'inserimento, in più o in meno, della deriva già nota, rappresentata dall'angolo "α" (fig. 135)

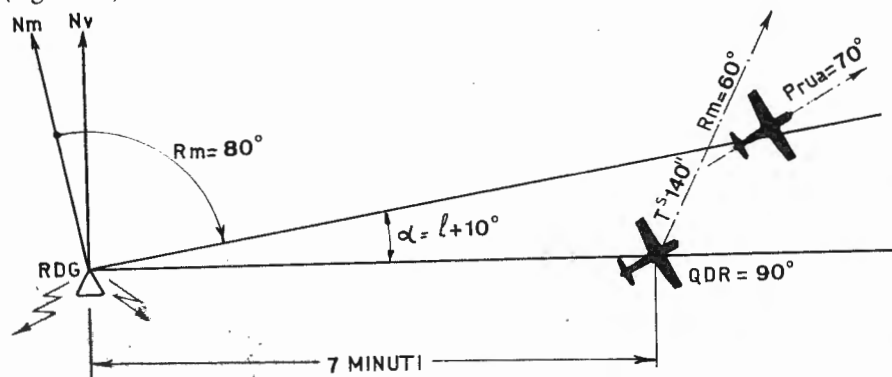



Fig. 135: $T^S = 2\alpha t \longrightarrow T^S = 2 \times 10 \times 7 = 140''$

ALLONTANAMENTO CON ROTTA OBBLIGATA

1) - Assumere prua uguale a *rotta obbligata* e chiedere un QDR.
2) - Virare a *sinistra* se la rotta obbligata è *minore* del QDR ricevuto, oppure a *destra* se essa è *maggiore* del QDR ricevuto, di una quantità pari alla differenza esistente fra i due rilevamenti più 30°.
3) - Durante l'accostata chiedere successivi rilevamenti fino ad intercettare la rotta obbligata, anzi, un poco prima di raggiungerla, iniziare la riaccostata per l'aggiustamento di prua.

IMPIEGO DEI " QTE "

DETERMINAZIONE DEL PUNTO DI POSIZIONE USUFRUENDO DI UN SOLO RDG

1) Mantenendo la rotta costante chiedere un primo QTE, riportarlo sulla carta tenendo conto dell'ora in cui è stato ricevuto.

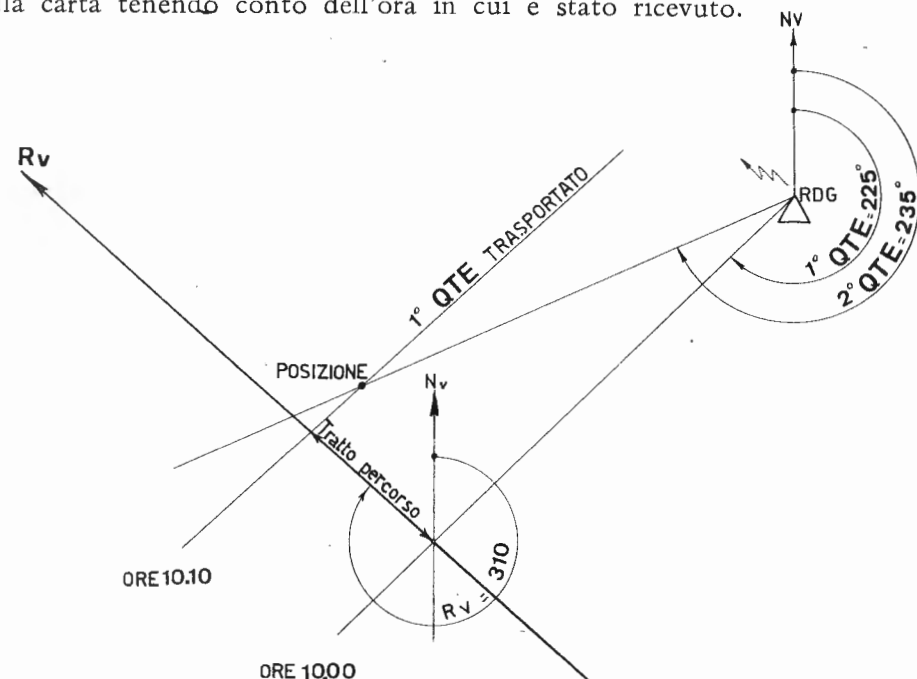



Fig. 136

2) - Dopo un certo intervallo di tempo, di cui si deve tenere debitamente conto, chiedere un secondo QTE che deve essere ugualmente riportato sulla carta.

3) - In base al tempo trascorso fra i due rilevamenti in parola e alla velocità al suolo del velivolo, si trasporta lungo la Rv e parallelamente a se stesso il primo QTE per un tratto pari al cammino percorso.

4) - L'incrocio dei due rilevamenti rappresenta la posizione del velivolo, riferita naturalmente all'ora del secondo rilevamento. (Fig. 136).

DETERMINAZIONE DEL PUNTO DI POSIZIONE CON DUE RDG CON INTERVALLO DI TEMPO TRA I DUE QTE

Si trasporta il primo QTE all'ora del secondo con il procedimento già visto nel caso precedente (fig. 137).

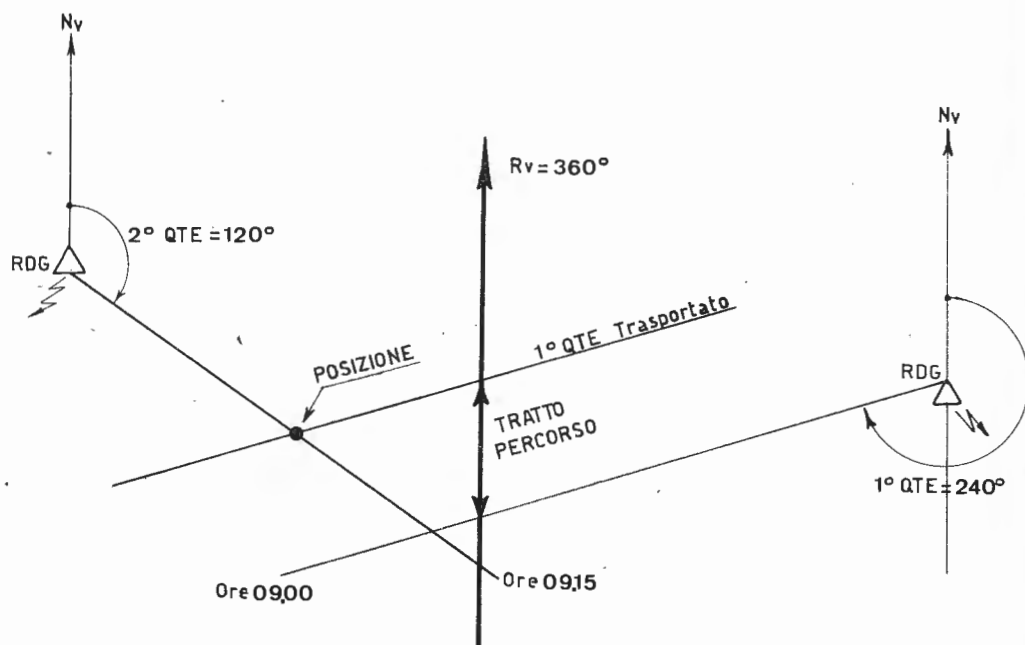



Fig. 137

DETERMINAZIONE DEL PUNTO DI POSIZIONE CON TRE STAZIONI RDG.

Si trasportano il primo ed il secondo QTE all'ora del terzo, usando il procedimento già descritto in precedenza.

Nel caso in esame, i tre rilevamenti non si incrociano mai in un sol punto, ma danno origine ad un triangolo, detto *triangolo dell'incertezza.*

La posizione del velivolo è determinata dall'inserzione delle bisettrici di detto triangolo. (Fig. 138).

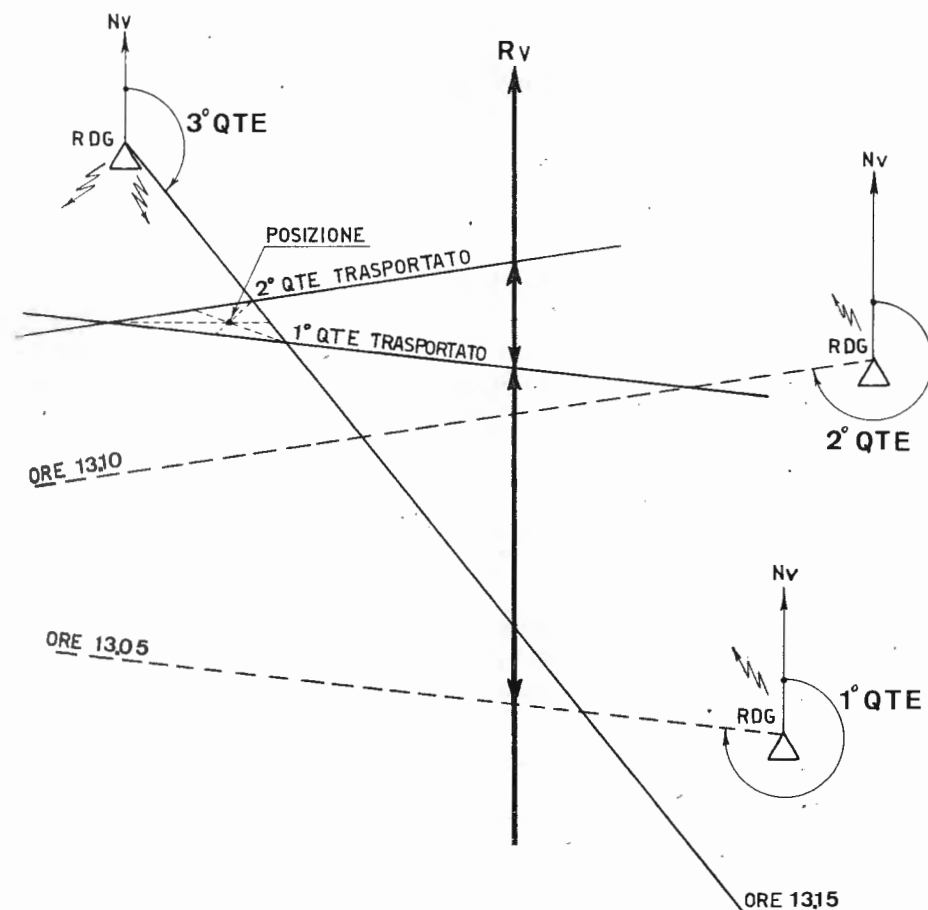



Fig. 138

DETERMINAZIONE DEL PUNTO DI POSIZIONE MEDIANTE IL RILEVAMENTO CONTEMPORANEO DI DUE O PIU' STAZIONI "QTF„

L'incrocio di due o più rilevamenti simultanei determina il punto di posizione di un velivolo (QTF), fig. 139.

L'operazione di carteggio per la determinazione di detto punto di posizione viene fatta dalla stazione principale che lavora in gruppo (o in rete) con le altre stazioni radiogoniometriche che le forniscono con immediatezza i rilevamenti contemporanei presi da ciascuna di esse.

N.B. - In codice "Q", QTF significa: volete indicarmi la mia posizione?

Tali posizioni, a seconda dell'accuratezza, possono essere di:

- *classe A* - per un'approssimazione di 5 miglia nautiche in più o in meno;
- *classe B* - per un'approssimazione di 20 miglia nautiche in più o in meno;
- *classe C* - per un'approssimazione di 50 miglia nautiche in più o in meno;

Esempio di come viene dato un QTF: 30 miglia NW Milano.

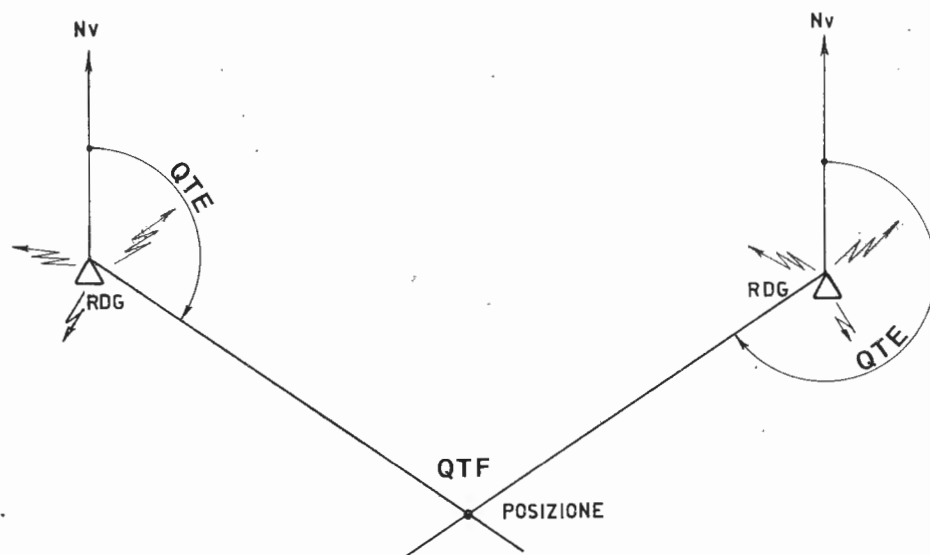



Fig. 139

RADIOGONIOMETRO DI BORDO

Noto sotto il nome di: Radiobussola - Radio Compass - "ADF" (Automatic Direction Finding).

Il principio di funzionamento della *radiobussola* è identico a quello del normale radiogoniometro manuale, con la differenza che essa determina *automaticamente* il rilevamento polare, utilizzando quelle particolari stazioni emittenti, dette *radiofari* (NDB), che trasmettono automaticamente ed in continuazione, ciascuna su una diversa frequenza, il proprio nominativo in alfabeto Morse.

Il rilevamento preso da bordo è un *rilevamento polare* (Rilpo) corrispondente all'angolo compreso fra l'asse longitudinale del velivolo e la congiungente velivolo-radiofaro. Allo scopo di evitare confusioni è bene porre in evidenza la fondamentale differenza esistente fra rilevamenti presi da bordo e rilevamenti presi da terra. Abbiamo già specificato in precedenza, come il rilevamento da terra sia indipendente dalla prua del velivolo, poichè il radiogoniometro installato a terra prende come linea base di riferimento il meridiano terrestre (vero o magnetico) passante per la stazione che è praticamente fisso, mentre per il rilevamento da bordo, la linea base di riferimento è l'*asse longitudinale del velivolo*, e questo naturalmente è variabile con la prua del velivolo stesso. Infatti, se guardiamo la fig. 140 e supponiamo dapprima che nel punto A ci sia un radiogoniometro, il rilevamento diretto preso da terra (QTE) è 310°, e rimane costante anche se la prua del velivolo viene cambiata.

Se supponiamo invece che in A vi sia un radiofaro e che vengano presi dei rilevamenti con il radiogoniometro di bordo (Compass), a ciascun orientamento della prua corrisponde un determinato rilevamento polare (Rilpo).

Infatti per la prima posizione in figura, il Rilpo è di circa 100°; ruotando per esempio il velivolo verso destra, il rilevamento diminuirà fino a diventare 0°, quando cioè il radiofaro si troverà esattamente in prua al velivolo. Da 0° = 360°, passerà poi a 350°, 340°, 330°, e così via fino a diventare ancora 100°, una volta completato il giro.

E' evidente pertanto, che un rilevamento polare non si può tracciare

sulla carta nautica, per cui, al fine di poter determinare sulla carta stessa una linea di posizione rispetto al radiofaro su cui è stata sintonizzata la radiobussola, occorre trasformare il rilpo in QTE mediante un semplice calcolo in base alla seguente formula:

QTE = Rilpo + Pv ± 180°

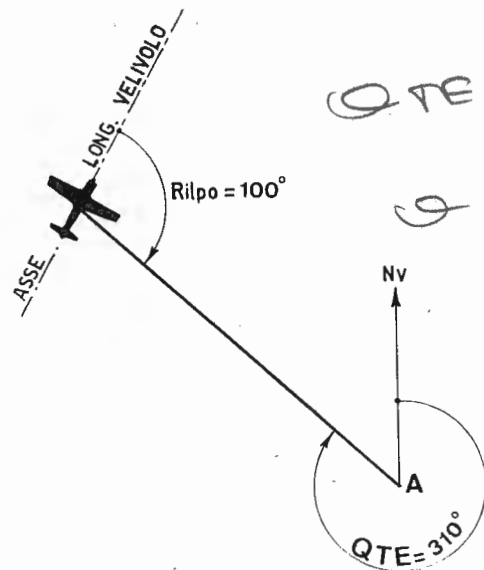



Fig. 140

TRASFORMAZIONI DEL RILPO IN: QUJ - QTE

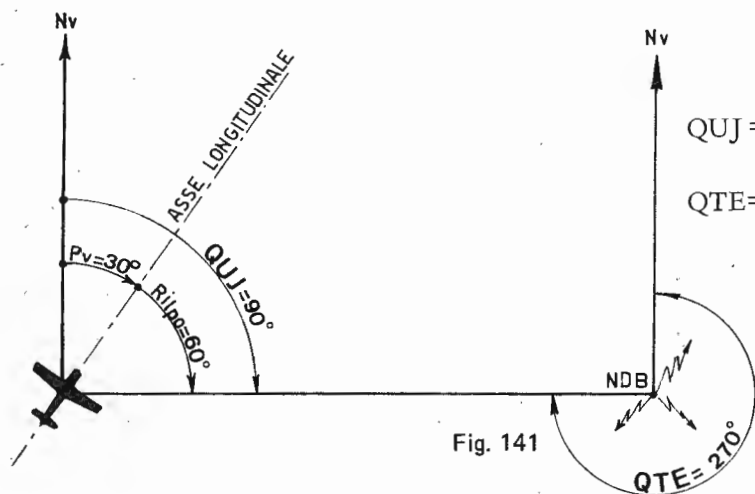



Fig. 141

TRASFORMAZIONI DEL RILPO IN: QDM - QDR

QDM = Rilpo + Pm

QDR = Rilpo + Pm ± 180°

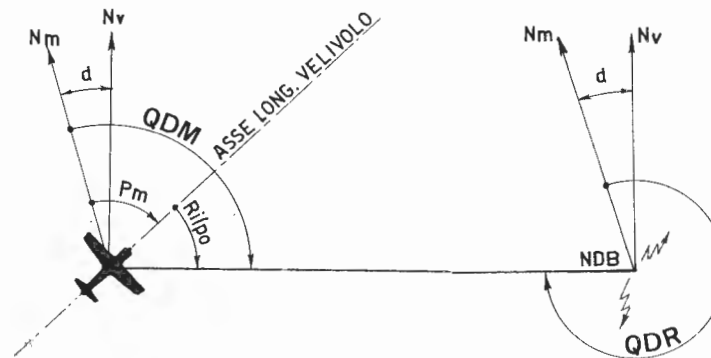



Fig. 142

IMPIEGO DELLA RADIOBUSSOLA CON RADIOFARO IN PRUA

Tenere presente che la linea 0° - 180° del quadrante della radiobussola rappresenta l'asse longitudinale del velivolo e che la lancetta dello strumento indicante il valore del rilevamento polare è sempre puntata verso il radiofaro, per cui:

- se il rilpo è 0°, l'aereo è in rotta precisa;
- per rilpo compreso fra 0° e 90°, l'aereo è scostato a *sinistra* della rotta;
- per rilpo compreso fra 0° e 270°, l'aereo è scostato a *destra* della rotta.

Si può dedurre perciò come regola generale, che la direzione verso la quale si sposta l'indice della radiobussola, indica la direzione ed il valore in gradi *verso* cui dev essere effettuata l'accostata per mantenersi in rotta e raggiungere la verticale del radiofaro. (Fig. 143).

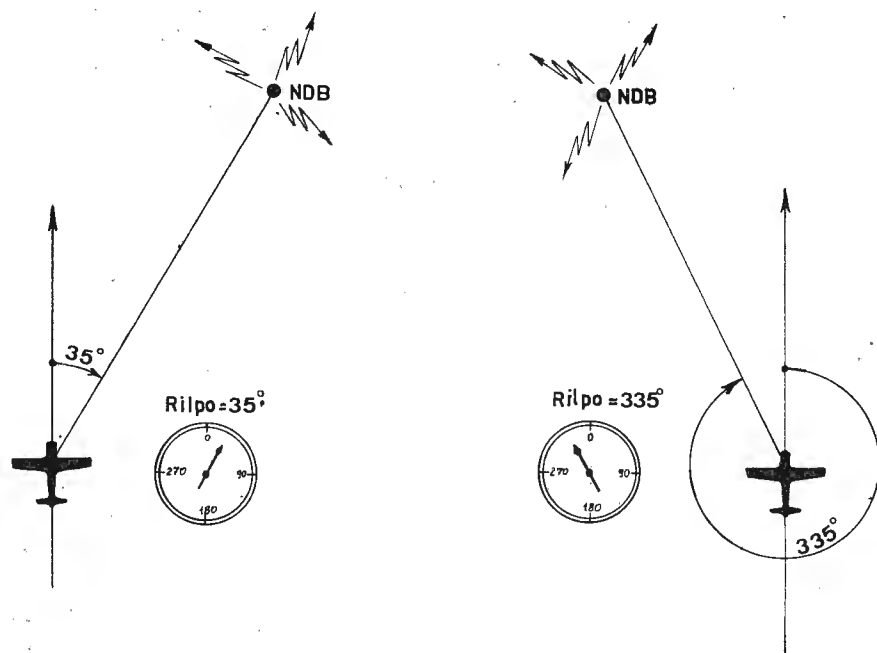



Fig. 143

AVVICINAMENTO IN ADF

Per raggiungere un radiofaro si possono seguire due metodi del tutto analoghi a quelli già descritti parlando dell'avvicinamento per QDM.

Il primo metodo, più facile ma meno preciso, è di inseguire il rilevamento (mantenendo cioè il Rilpo = 0°), il che farà percorrere al velivolo la già nota *curva del cane* (fig. 144).

Il secondo metodo è quello di rientrare in rotta e poi mantenervisi correggendo la deriva. Il rientro in rotta con il radiogoniometro è di una particolare semplicità, basta infatti eseguire un'accostata pari al Rilpo più 30° rispetto alla prua magnetica, dalla parte verso cui l'indice azimutale indica il radiofaro, mantenere tale accostata fino ad intercettare la rotta primitiva, e cioè fino a quando l'indice della radiobussola segnerà dalla parte *opposta* allo zero un valore pari all'accostata fatta.

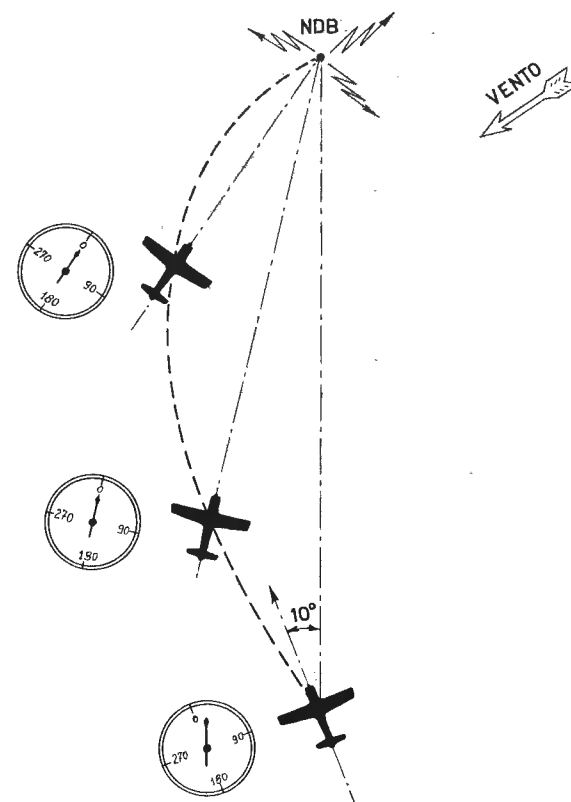



Fig. 144
Curva del cane - Avvicinamento con radiofaro in prua in presenza di vento non contrastato

A questo punto effettuare la virata di rientro, tenendo però presente di correggere l'effetto del vento, conseguentemente la prua dovrà essere *aumentata* di un certo angolo nel caso che si abbia vento sulla *destra*, e *diminuita* in caso contrario. Se la correzione di deriva è indovinata, il Rilpo rimane costante, se invece il Rilpo tende a diventare zero, la correzione è insufficiente, se tende ad aumentare la correzione è eccessiva. In tali casi ripetere l'operazione precedentemente descritta, fino a trovare, per successivi tentativi, il valore esatto di correzione di deriva (fig. 145).

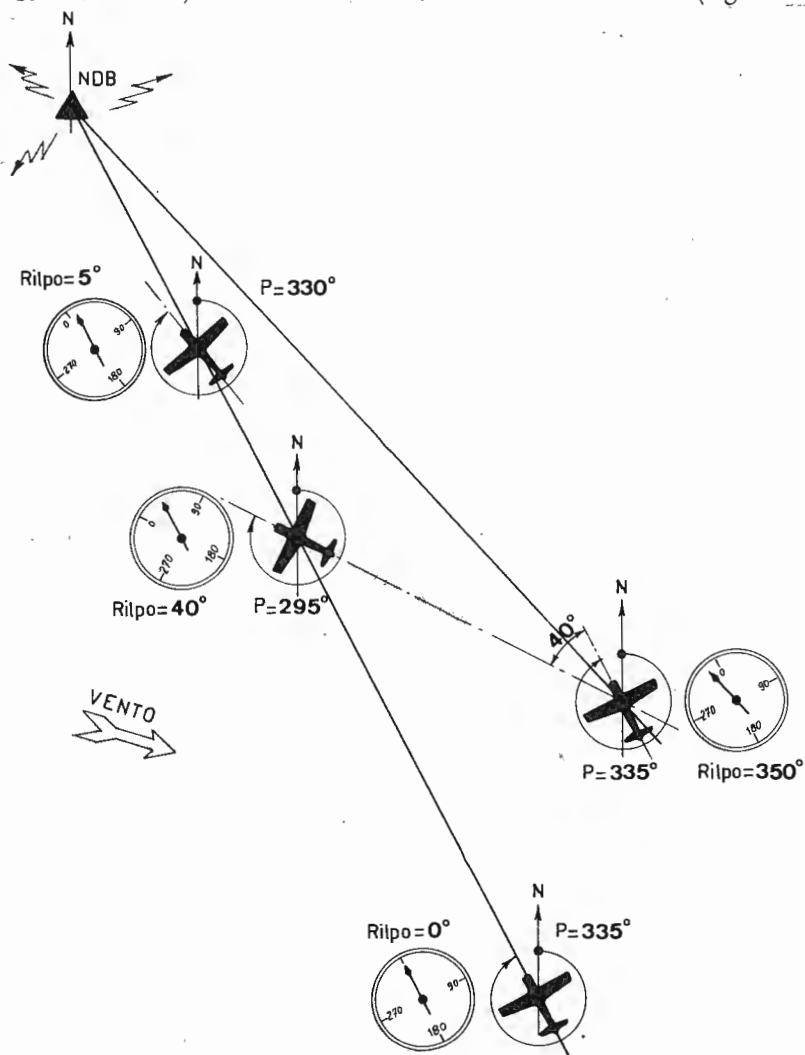



Fig. 145
Navigazione con radiofaro in prua con correzione di deriva.

INTERCETTAMENTO DI UNA ROTTA PRESTABILITA (QMS) CON L'ADF

Assumere prua uguale alla rotta obbligata.

Leggere il valore angolare indicato dall'indice azimutale (tenere presente che tale valore non deve superare i 60°, a destra o sinistra dello zero.)

Accostare, con l'ausilio del direzionale, dalla stessa parte in cui è spostato l'indice della radiobussola, di tanti gradi quanti ne indica l'indice stesso, più 30°.

Quando l'indice dello strumento indicherà dalla parte opposta, un valore angolare pari a quello dell'accostata fatta, significa che è stato intercettato il QMS, per cui contraccostare ed assumere la rotta obbligata. Si precisa che la contraccostata deve essere iniziata con un certo anticipo, per evitare di superare la rotta stessa.

CALCOLO DEL TEMPO E DISTANZA APPROSSIMATI DAL RADIOFARO (Metodo dei 90°).

Si precisa che tale calcolo è possibile farlo solamente quando l'aereo si trova in prossimità del traverso del radiofaro.

Accostare a sinistra od a destra, fino a far segnare all'indicatore azimutale 273° o 87°.

Proseguire il volo, mantenendo prua e velocità costanti.

Quando l'indicatore d'azimuth passa su 270° o 90°, scattare il cronometro.

Continuare il volo fino a quando l'indice della radiobussola segna 260° o 100° (cioè quando si ha una variazione di 10°).

Prendere nota del tempo trascorso e virare verso la stazione di 100° per riportare l'indice del compass sullo zero.

Applicare le due seguenti formule per ottenere rispettivamente il tempo

e la distanza di volo dalla stazione:

$$Tm = \frac{60 \cdot t}{\alpha(10^\circ)} \quad e \quad D = \frac{Vs \cdot t}{\alpha(10^\circ)}$$

dove "t" è il tempo, espresso in minuti, intercorso per ottenere la variazione angolare di azimuth; $\alpha = (10^\circ)$; 60 un numero fisso.
Nella seconda formula, se non si conosce la Vs, si usa la Va.

CALCOLO DELLA DISTANZA DAL RADIOFARO (Metodo dei 30°).

– Iniziare assumendo una prua tale da rendere il Rilpo = 0°.

– Accostare di 30° a destra o sinistra.

– Ad accostata ultimata scattare il cronometro e mantenere rigorosamente la nuova prua per 2 o 4 minuti; allo scadere dei quali, leggere la variazione angolare.

– Riaccostare di 30° per riportarsi sulla prua iniziale e calcolare la distanza in tempo di volo dalla stazione applicando la formula seguente:

$$Tm = \frac{120}{\alpha} \ (1) \ ; \qquad Tm = \frac{60}{\alpha} \ (2)$$

(1) - tale formula viene applicata nel caso che si rimanga sull'accostata per 4 minuti;
(2) - tale formula viene applicata nel caso che si rimanga sull'accostata per 2 minuti.

NAVIGAZIONE CON RADIOFARO IN CODA

Navigando col radiofaro in coda, l'indice azimutale della radiobussola, se l'aereo è in rotta, è puntato su 180°; invece se tale indice è a sinistra di 180° l'aereo è spostato a destra della rotta e viceversa.

Ad ogni modo, per non avere dubbi, *ricordare che l'indice del compass è puntato in direzione del radiofaro, e che il velivolo, rispetto alla rotta, è spostato nel senso opposto* (Fig. 146).

E' intuitivo pertanto che per rientrare in rotta bisogna:

– accostare a sinistra quando l'indice azimutale è a sinistra di 180°;

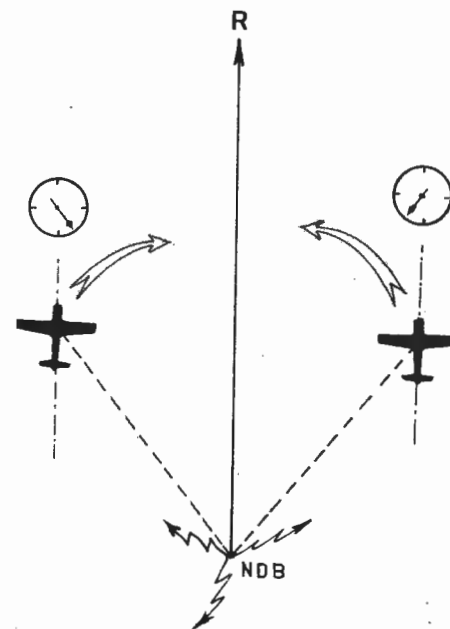



Fig. 146

– accostare a destra quando l'indice azimutale è a destra.

Tenere però presente che, a differenza di ciò che si verifica in avvicinamento, l'indice in parola si sposta dalla stessa parte dell'accostata. (Vedi Fig. 147).

Fig. 147

Posizione (1) - aereo spostato a destra rispetto alla rotta, Rilpo = 190°;
Posizione (2) - dopo l'accostata a sinistra di 30°, Rilpo = 210°;
Posizione (3) - dopo la riaccostata a destra, Rilpo = 185°, perchè applicati 5° di correzione deriva per contrastare il vento proveniente da sinistra.

RADIOFARI - NDB (Non Directional Beacon)

Abbiamo già detto che i radiofari (o NDB) sono delle particolari stazioni emittenti, *automatiche*, che vengono utilizzate per ottenere rilevamenti polari con la radiobussola; essi lavorano sulla banda di frequenza compresa tra i 300 ed i 1750 Kc/s.

La portata dei radiofari di "avvicinamento" oscilla intorno alle 50 Miglia Nautiche mentre quella di quelli di "navigazione" s'aggira intorno alle 100 150 Miglia Nautiche.

VOR

Il VOR consente di navigare con l'approssimazione di più o meno due gradi su una rotta radiale qualsiasi, partente dalla stazione e percorribile nei due sensi, mediante l'indicazione visiva diretta sul velivolo del proprio rilevamento rispetto alla stazione. Il VOR utilizza la gamma di frequenza in **VHF** compresa tra 108 e 118 Mc/s. Teoricamente esso definisce un numero infinito di radiali, in pratica però si usano 360 rotte, dato che un numero maggiore prevederebbe frazioni di grado, con le conseguenti complicazioni.

Il complesso VOR di bordo è composto da un ricevitore, da un selettore di frequenza e dai seguenti tre strumenti posti sul cruscotto di pilotaggio:

- *selettore azimutale*, graduato da 0° a 360°, che può essere regolato su qualsiasi valore desiderato;
- *indicatore destra-sinistra*, con un indice posto al centro ed imperniato nella parte superiore, può muoversi verso destra o verso sinistra rispetto ad uno zero centrale;
- *indicatore di senso*, segnala al pilota se il rilevamento indicato è *verso* (**TO**) o *dalla* (**FROM**) stazione VOR.

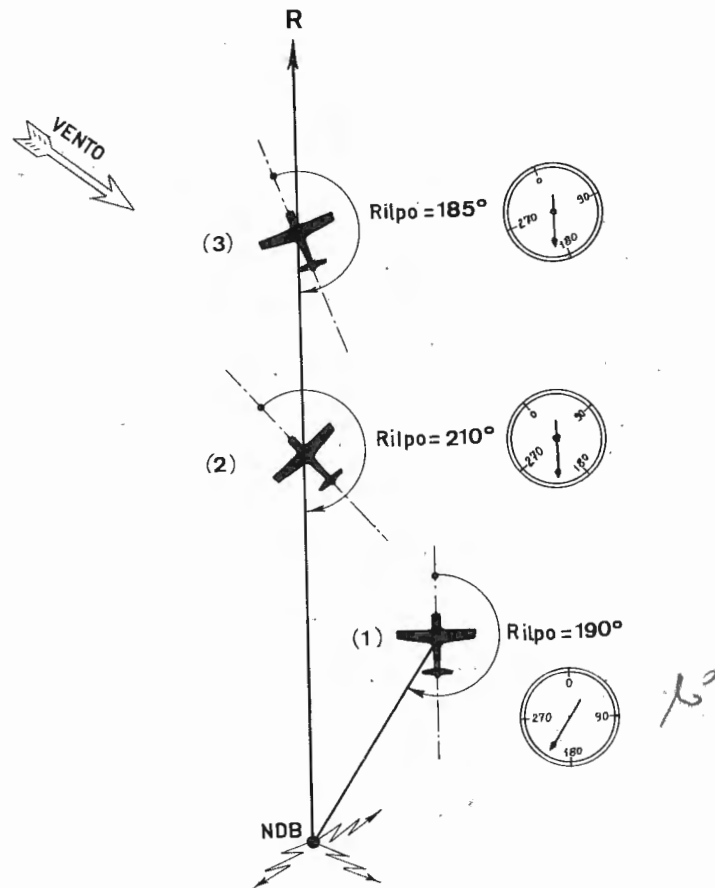
I tre strumenti si possono trovare distinti l'uno dall'altro, oppure in un unico complesso, o ancora combinati ad altri strumenti di navigazione. Essi permettono al pilota di definire, in qualsiasi momento,

la posizione azimutale del velivolo rispetto alla stazione a terra oppure la posizione del velivolo rispetto ad una direzione VOR prestabilita.

Fig. 148

Il VOR non consente la misurazione di distanze, perciò è facile trovarlo accoppiato al *Distance Measuring Equipment* (DME), il quale è un apparato che indica, per lettura diretta su un quadrante, la distanza compresa tra il velivolo e la stazione a terra.

Consente, però, il calcolo della distanza in tempo, dalla stazione.

DETERMINAZIONE DEL RILEVAMENTO DI UN VELIVOLO RISPETTO AD UNA STAZIONE VOR DI POSIZIONE NOTA

- Ruotare l'indice del selettore azimutale sino a quando l'indice destra-sinistra risulta esattamente al centro.
- Guardare l'indicatore di senso; se l'indice è su FROM, il valore indicato dall'indice del selettore azimutale è proprio l'azimuth magnetico del velivolo, rilevamento diretto = QDR (radiale). (Vedi Fig. 149).

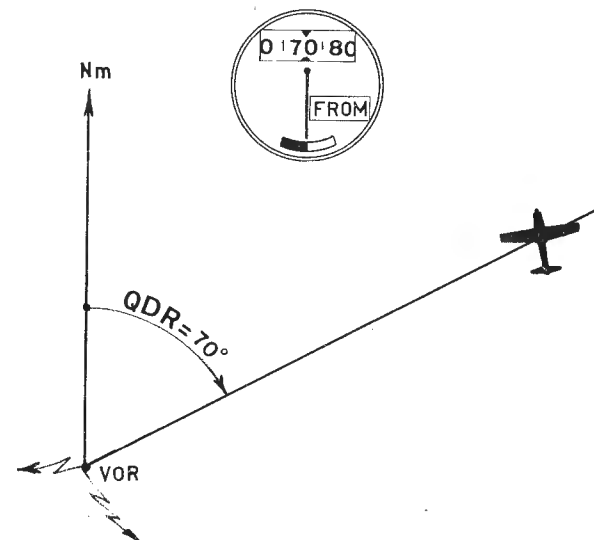



Fig. 149

Nel caso invece, che l'indice sia su TO, il valore rappresenta l'azimuth magnetico del velivolo, più 180° (rilevamento inverso = QDM). (Vedi Fig. 150).

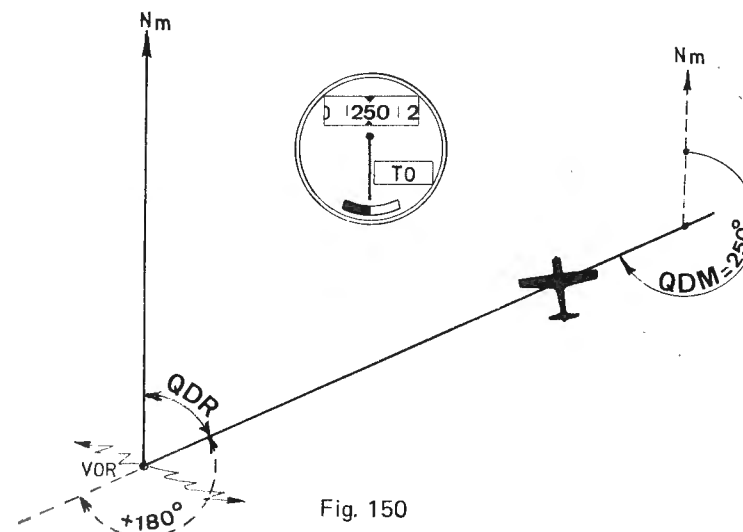



Fig. 150

AVVICINAMENTO CON IL VOR

Può essere effettuato:

– lungo una radiale qualsiasi;
– lungo una radiale prestabilita.

Avvicinamento lungo una radiale qualsiasi

– Per determinare la rotta magnetica da seguire per dirigersi sulla stazione, ruotare lentamente il selettore azimutale fino a quando l'indice destra-sinistra raggiunge il centro del quadrante.

– Controllare che l'indicatore del senso sia su TO; se indica FROM, ruotare il selettore azimutale di 180°; l'indice di senso si sposterà automaticamente su TO.

– Il valore indicato dal selettore azimutale rappresenta la Rm da seguire per dirigersi sulla stazione.

– Virare lentamente verso la stazione, cioè dalla stessa parte verso cui è spostato l'indice destra-sinistra, fino a riportare questi al centro.

– Proseguire il volo a prua costante tenendo presente che se l'indice di deviazione si sposta a sinistra vuol dire che la stazione si trova a sinistra del velivolo, e viceversa se si sposta a destra.

Avvicinamento lungo una radiale prestabilita

Si premette che è condizione indispensabile che la posizione iniziale del velivolo sia entro i 50°/60° dalla radiale prestabilita.

– Inserire nel selettore azimutale il valore della radiale prescelta ed accertarsi che l'indicatore di senso sia su TO.

– Al fine di percorrere una rotta più breve rispetto a detta radiale, effettuare una virata di 90° verso la direzione indicata dall'indice destra-sinistra.

– Per non oltrepassare la radiale prescelta, riaccostare prima di raggiungerla,

quando cioè l'indice destra-sinistra inizia a muoversi verso il centro.

Proseguire il volo correggendo opportunamente la deriva.

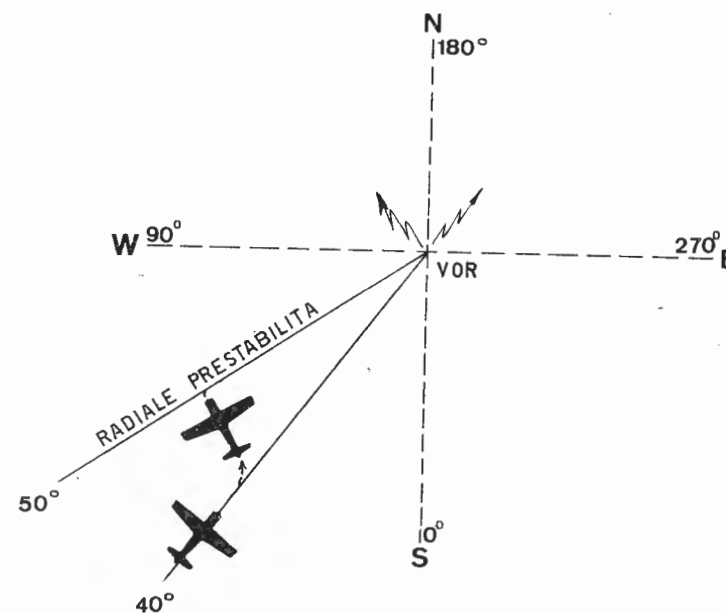



Fig. 151 - Avvicinamento lungo una radiale prestabilita.

ALLONTANAMENTO CON IL VOR

Può essere effettuato:

– lungo una radiale qualsiasi;
– lungo una radiale prestabilita.

Allontanamento lungo una radiale qualsiasi

– Per determinare la rotta magnetica da seguire per allontanarsi dalla stazione, ruotare lentamente il selettore azimutale fino a quando l'indice destra-sinistra raggiunge il centro del quadrante.

– Controllare che l'indicatore di senso sia su FROM; se indica TO, ruotare il selettore azimutale di 180°; l'indicatore di senso si sposterà automaticamente su FROM.

– Il valore indicato dal selettore azimutale rappresenta la Rm per allontanarsi dalla stazione.

– Virare lentamente verso la stazione, cioè dalla stessa parte verso cui è spostato l'indice destra-sinistra, fino a riportarlo al centro.

– Proseguire il volo a prua costante tenendo presente che se l'indice di deviazione si sposta a sinistra vuol dire che la stazione si trova a sinistra del velivolo, e viceversa se si sposta a destra.

Allontanamento lungo una radiale prestabilita

Si premette che è condizione indispensabile che la posizione iniziale del velivolo sia entro i 50°/60° dalla radiale prestabilita.

– Inserire nel selettore azimutale il valore della radiale prescelta ed accertarsi che l'indicatore di senso sia su FROM.

– Al fine di percorrere una rotta più breve rispetto a detta radiale, effettuare una virata di 90° verso la direzione indicata dall'indice destra-sinistra.

– Per non oltrepassare la radiale prescelta, riaccostare prima di raggiungerla, quando cioè l'indice destra-sinistra inizia a muoversi verso il centro.

– Proseguire il volo correggendo opportunamente la deriva.

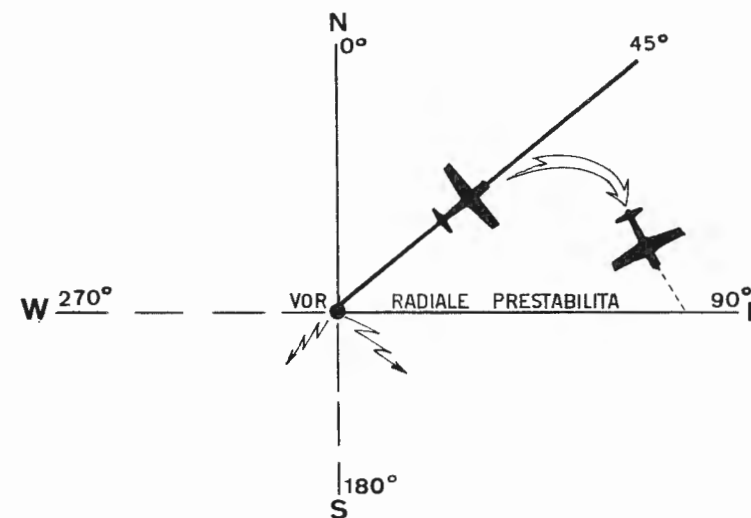



Fig. 152 - Allontanamento lungo una radiale prestabilita.

DETERMINAZIONE DEL PUNTO DI POSIZIONE COL VOR

Per ottenere il punto di posizione mediante stazioni VOR è sufficiente effettuare due o tre rilevamenti di dette stazioni in posizione favorevole rispetto al velivolo.

Si precisa che non interessa la rotta che si segue, è solo necessario mantenerla costante per la durata dell'operazione. Si sintonizza il ricevitore su una prima stazione e la si identifica. Dopo di che si gira il selettore azimutale lentamente fino a quando l'indice destra-sinistra raggiunge il centro del quadrante, e l'indicatore di senso sia su FROM. Si legge il rilevamento e lo si traccia sulla carta a partire dal centro della stazione. Si ripete la medesima operazione con altre due stazioni VOR prescelte. L'incontro dei tre rilevamenti determina la posizione del velivolo.

CALCOLO DEL TEMPO DI PREVISTO ARRIVO SUL VOR

- Predisporre il selettore azimutale su una radiale il cui valore differisce di 5 o 10 gradi rispetto a quello precedente.
- Effettuare una opportuna accostata di 90°, cioè dalla stessa parte verso cui è spostato l'indice destra-sinistra e, ad accostata ultimata, scattare il cronometro.
- Mantenere prua e velocità costanti fino a quando l'indice destra-sinistra raggiunge il centro, prendendo nota del tempo trascorso.
- Applicare la seguente relazione:

$$Tx = \frac{60 \cdot t'}{\alpha}$$

in cui "t" è il tempo, espresso in minuti, intercorso per ottenere la variazione angolare "α"; "60" un numero fisso per cui debbono essere moltiplicati i minuti primi.

CORREZIONE DERIVA NAVIGANDO COL VOR

Volando su una radiale VOR in presenza di vento, si noterà che esiste una certa differenza tra la Rm VOR, fissata sul selettore, e la prua bussola; oppure, se si vola riferendosi alla bussola col selettore predisposto su uguale valore, si osserva che l'indice destra-sinistra si mantiene scostato da una parte (indice a sinistra: *vento da sinistra*; indice a destra: *vento da destra*). Se con accostate opportune si riporta e si mantiene l'indice destra-sinistra al centro, si effettua *automaticamente* la correzione di deriva, il cui valore è rappresentato dalla differenza esistente tra la Pb ed il rilevamento indicato dal selettore.

Ricordare pertanto, che fin quando l'indice destra-sinistra indica che il velivolo segue una determinata radiale, esso è *effettivamente* su di essa, qualunque sia la differenza tra prua bussola e rilevamento.

SORVOLO STAZIONE VOR

Viene indicato dall'indice destra-sinistra e dall'indice di senso, ambedue oscillano ampiamente; l'indicatore di senso si muove continuamente da TO a FROM, mentre quello di destra-sinistra oscilla da una parte all'altra.

SISTEMA RADIOELETTRICO PER L'AVVICINAMENTO STRUMENTALE ED ATTERRAGGIO "GCA" (Ground Controlled Approach)

Il G.C.A. è un sistema radioelettrico che applica il principio del radar e permette l'avvicinamento strumentale e l'atterraggio in condizioni di visibilità molto ridotte. Questo sistema non richiede l'installazione a bordo di speciali apparati, ma è sufficiente disporre di un comune ricetrasmettitore in VHF, onde permettere agli operatori G.C.A. di fornire al velivolo sotto loro controllo, e che essi vedono attraverso gli schermi radar, tutte le istruzioni orali necessarie per guidarlo, sia durante l'avvicinamento iniziale e sia in fase di avvicinamento finale. Il G.C.A. impiega a terra due posti radar che in larga misura funzionano indipendentemente e sono così denominati:

elemento radar di ricerca **"SRE"** (Search Radar Element);

radar per l'avvicinamento di posizione **"PAR"** (Precision Approach Radar).

Il primo (SRE), detto anche radar di sorveglianza, viene impiegato per l'identificazione velivoli e per la loro guida durante l'avvicinamento iniziale; il secondo (PAR), viene utilizzato per la guida durante l'avvicinamento finale.

SISTEMA RADIOELETTRICO PER L'ATTERRAGGIO "ILS"

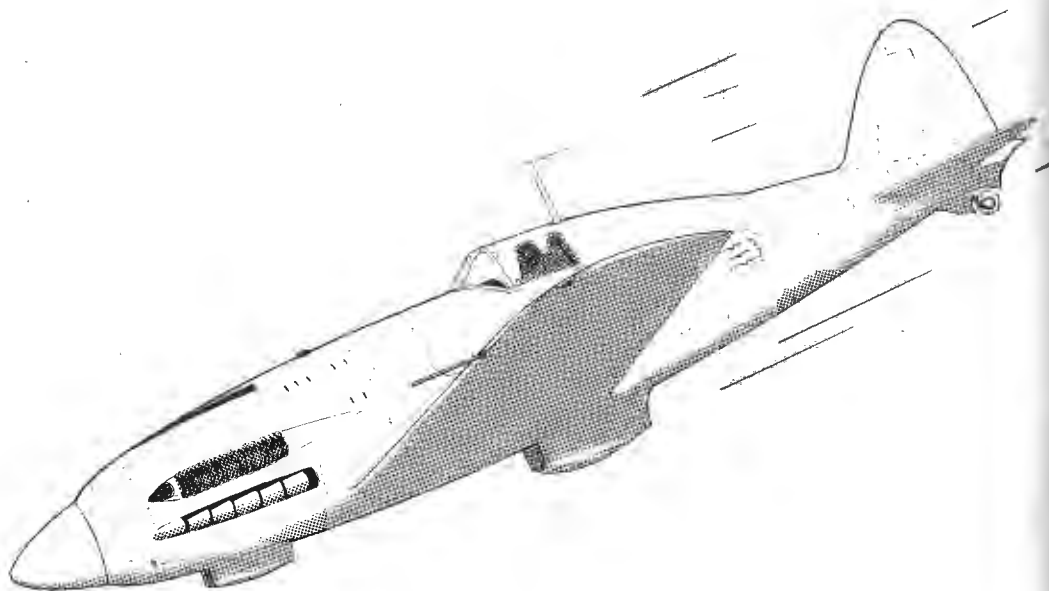
L'I.L.S. è un sistema di atterraggio strumentale, o, più precisamente, può definirsi: sistema di radioguida per l'avvicinamento strumentale sulla pista di atterraggio.

Esso può fornire ai velivoli le seguenti indicazioni:

guida di direzione per mezzo di un localizzatore di pista;

- guida di discesa (o di planata) per mezzo del trasmettitore di discesa (glide path);
- misura approssimata della distanza dal punto di contatto per mezzo dei "markers".

Gli apparati a terra del complesso I.L.S. emettono nel piano orizzontale un *sentiero di direzione*, e nel piano verticale un *sentiero di discesa*; l'intersezione dei due sentieri coincide con la traiettoria ottimale che il velivolo deve seguire per arrivare correttamente sulla pista. A bordo del velivolo un apposito strumento ad *indici incrociati* fornisce al pilota indicazioni continue sulla posizione del velivolo rispetto a detta traiettoria. Difatti, l'indice verticale dà le indicazioni di posizione dell'aereo rispetto al sentiero di direzione, mentre quello orizzontale permette di conoscere la posizione del velivolo rispetto al sentiero di discesa.

Il sorvolo dei due radiofari ad emissione verticale (markers), di cui si conosce la distanza dall'inizio pista, è segnalato da relativi indicatori acustici e visivi.

NOZIONI DI TRAFFICO AEREO

MINIME METEOROLOGICHE DEL VOLO A VISTA

Le minime meteorologiche del volo a vista in vigore a tutt'oggi sono indicate nella seguente tabella:

	CONDIZIONI "VMC"	
	VISIBILITA' IN VOLO	DISTANZA DALLE NUBI
Entro spazi controllati	8 km. (5 miglia)	1,5 km. (1 miglio) orizzontalmente 300 m (1000 ft.) verticalmente sopra e sotto
Fuori degli spazi aerei controllati, al di sopra di un'altitudine di 3000 piedi o di un'altezza di 1000 piedi, quale delle due è la più alta.	8 km. (5 miglia)	1,5 km. (1 miglio) orizzontalmente. 300 m. (1000 ft.) verticalmente sopra e sotto
Fuori degli spazi aerei controllati, ad un'altitudine di 3000 piedi e ad un'altezza di 1000 piedi, quale delle due è la più alta, o al di sotto.	1,5 km. (1 miglio)	Fuori dalle nubi

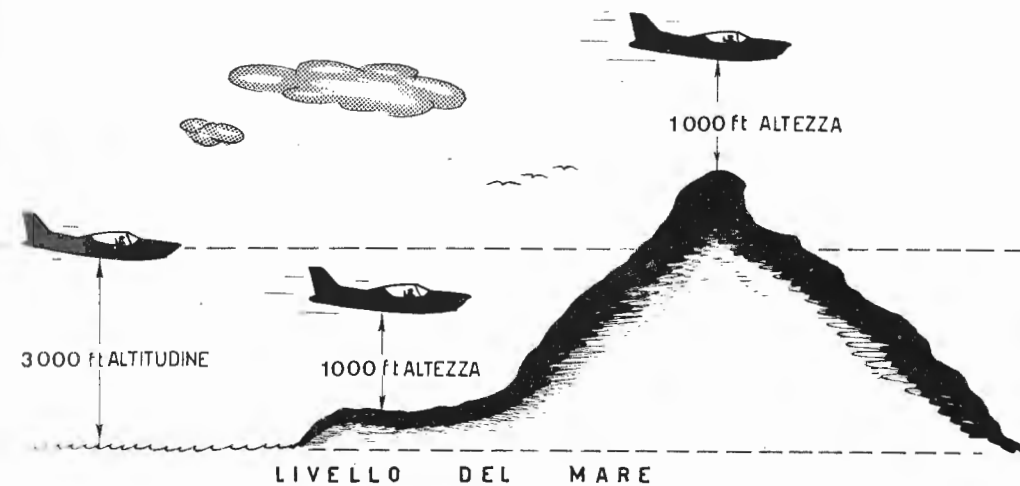



Fig. 153

In figura 153 è illustrato quando, in funzione dell'orografia della superficie terrestre, si debba considerare l'altitudine di 3000 ft., o l'altezza di 1000 ft., una delle due la più alta.

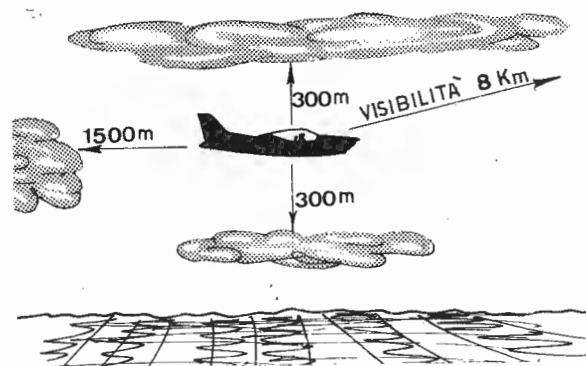
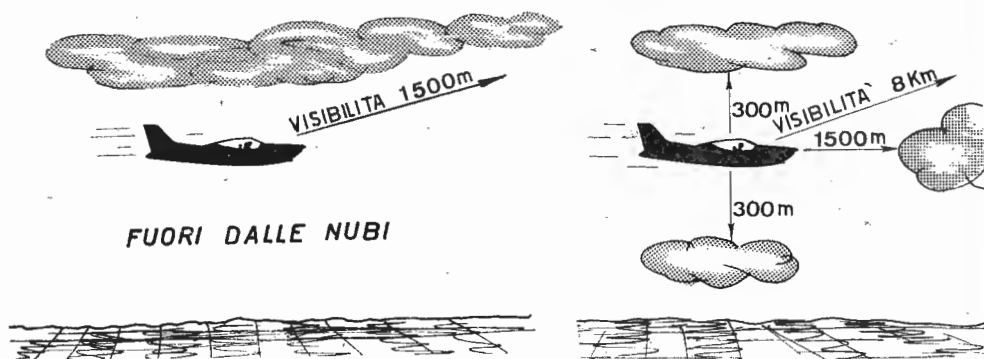



Fig. 155 - Spazio aereo non controllato

Minime meteorologiche VMC fuori degli spazi aerei controllati, ad un'altitudine di 3000 ft o di un'altezza di 1000 ft, quale delle due è la più alta, o al di sotto.

Minime meteorologiche VMC fuori degli spazi aerei controllati, al di sopra di un'altitudine di 3000 ft o di un'altezza di 1000 ft, quale delle due è la più alta.

Altezza - E' la distanza verticale di un punto od oggetto considerato, misurata a partire dalla superficie terrestre.

Altitudine - E' la distanza verticale di un punto od oggetto considerato, misurata a partire dal livello del mare.

Livello Volo - Superficie barica a pressione costante riferita all'isobara standard 1013,2 mb, pertanto, quando l'altimetro di bordo è regolato su tale valore, le indicazioni di quota che ne derivano prendono il nome di *livelli di volo* (FL).

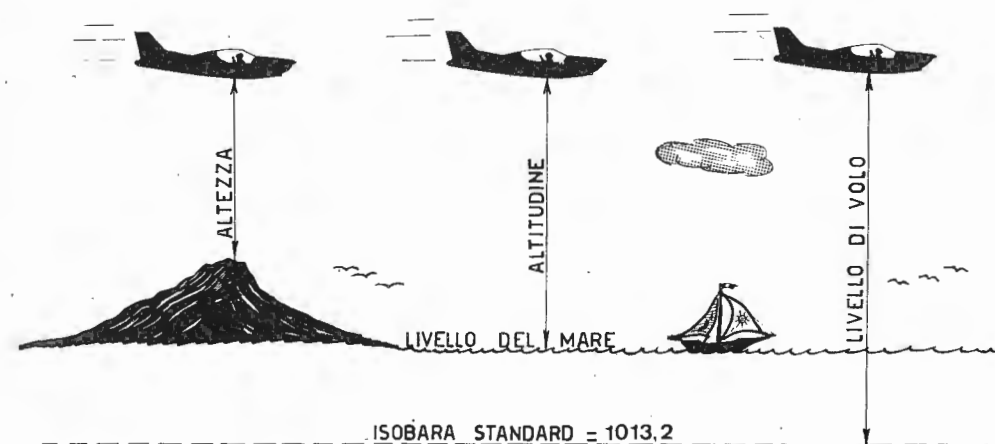



Fig. 156

N.B. - L'isobara standard può risultare sotto il livello medio del mare (in caso di bassa pressione) oppure sopra (in caso di alta pressione). Difficilmente coincide col livello del mare, in quanto le condizioni dell'atmosfera reale non corrispondono quasi mai a quelle dell'aria tipo.

CONDIZIONI METEOROLOGICHE TIPICHE DI VOLO

VMC - Condizioni meteorologiche di volo a vista
(Visual meteorological conditions)

Gli aeromobili volano in tali condizioni quando la visibilità e la distanza dalle nubi sono uguali o superiori a quelle indicate dalle "minime meteorologiche" previste per il volo a vista.

IMC - Condizioni Meteorologiche di volo strumentale
(Instrument Meteorological conditions)

Gli aeromobili volano in condizioni meteorologiche di volo strumentale quando non sussistono le minime meteorologiche prescritte per il volo VMC.

REGOLE DI VOLO

Per ciascuna delle due condizioni meteorologiche di volo sopra menzionate, in cui si trova o si può trovare a volare un velivolo, il pilota deve, ed in certi casi può, applicare le seguenti regole di volo:

– **Regole di Volo a Vista - VFR** *(Visual Flight Rules)*
che possono essere applicate solo quando esistono condizioni VMC.

– **Regole del Volo Strumentale - IFR** *(Instrument Flight Rules)*
che devono essere applicate quando sussistono condizioni IMC. Si precisa però, che i voli in IFR possono essere condotti anche quando esistono le minime meteorologiche per il volo a vista.

– **Regole di Volo in Continuo Contatto Visivo col Suolo - CFR** *(Contact Flight Rules).*
questa terza categoria di regole di volo, è in vigore solo in Italia, e può essere considerata complementare a quelle in VFR, poichè un volo in CFR, in effetti, non è altro che un volo in VFR condotto in continuo contatto visivo col suolo a non oltre determinate quote e nell'ambito del territorio nazionale.

Scarsa densità traffico CFR
Vedere [illegible] visti VFR
Controllo traff. aereo IFR.

SUDDIVISIONE DELLO SPAZIO AEREO

Lo spazio aereo sovrastante il territorio italiano è stato suddiviso verticalmente in:

– **Spazio Aereo Inferiore,** che si estende dal livello del suolo o dell'acqua sino al livello di volo 250 (25000 ft) escluso; 400

– **Spazio Aereo Superiore,** che va dal livello di volo 250 compreso sino a quota illimitata.

ORGANIZZAZIONE CIRCOSCRIZIONALE DELLO SPAZIO AEREO INFERIORE E RELATIVI ENTI

CIRCOSCRIZIONE		ENTE		NOTE
SIGLA	DENOMINAZIONE	SIGLA	DENOMINAZIONE	
FIR	**Regione Informazione Volo**	**FIC**	**Centro Informazioni Volo**	Lo spazio aereo inferiore sovrastante il nostro paese è suddiviso in tre parti denominate Regioni Informazioni Volo (FIR), confinanti fra di loro e con le FIR degli altri Stati limitrofi. Le FIR d'Italia sono: Milano, Roma e Brindisi. Dette Regioni sono degli spazi aerei assistiti di definite dimensioni che si estendono verticalmente dal livello del suolo sino al livello di volo 250, entro cui vengono assicurati i servizi di informazioni volo e di allarme, per i voli in VFR e IFR.
UIR	upper inform. region dlo 250	UIC	upper inf. centre e 400	
TMA	**Regione Terminale di Controllo**	**ACC**	**Centro di Controllo Regionale**	Spazio aereo controllato di definite dimensioni che si estende verso l'alto a partire da una specificata altezza dal suo-

CIRCOSCRIZIONE		ENTE		NOTE
SIGLA	DENOMINAZIONE	SIGLA	DENOMINAZIONE	
				lo sino ad un determinato livello di volo. E' situato alla confluenza di aerovie in vicinanza di uno o più aeroporti ad alta intensità di traffico. Nei TMA viene assicurato il servizio di controllo solo per i voli in IFR. In Italia ci sono tre TMA: Milano, Roma, Brindisi.
UTA	upper terminal area da 250 a 400	UCC	upper centre control	
AWY	Aerovia fino a 250 ft	ACC	Centro di Controllo di Aerovia	Spazio aereo controllato a forma di corridoio fornito di radio assistenze per la navigazione. In esso viene assicurato il servizio di controllo per gli aeromobili in IFR. Le aerovie si estendono verticalmente da una determinata quota minima fino a FL 250 escluso. L'ampiezza delle medesime è normalmente di 10 NM. (18 km). Esse sono contraddistinte dalla lettera iniziale di uno dei seguenti quattro colori, in lingua inglese: AMBER (ambra), BLEU, RED (rosso), GREEN (verde), seguita da un indice numerico. Esempio: A1 (Amber 1); R5 (Red 5); G13 (Green 13).
UAW	aerovia superiore			
ADR	Rotta assistita aerovia allo stato di collaudo	FIC	Centro Informazioni Volo	Spazio aereo assistito con caratteristiche simili alle Aerovie, ma con un minor numero di radio assistenze che non consentono pertanto un accurato controllo del traffico lungo tali rotte. In Italia attualmente esiste una sola ADR.

CIRCOSCRIZIONE		ENTE		NOTE
SIGLA	DENOMINAZIONE	SIGLA	DENOMINAZIONE	
CTR	Zona di Controllo di Avvicinamento	APP	Controllo di Avvicinamento	Spazio aereo controllato di definite dimensioni che si estende dalla superficie del suolo fino ad una determinata altezza, entro cui viene assicurato il servizio di controllo solo per i velivoli in IFR in partenza ed in arrivo. Esso può essere compreso entro i limiti di di un TMA. Un CTR può includere uno o più aeroporti aperti al traffico in IFR.
ATZ	Zona di Aerodromo	TWR	Torre di Controllo	Spazio aereo assistito che si estende entro un raggio di 10 km dal centro dell'aeroporto e si eleva dal suolo fino ad una altezza di 700 metri. Serve di massima per i voli in VFR e CFR.

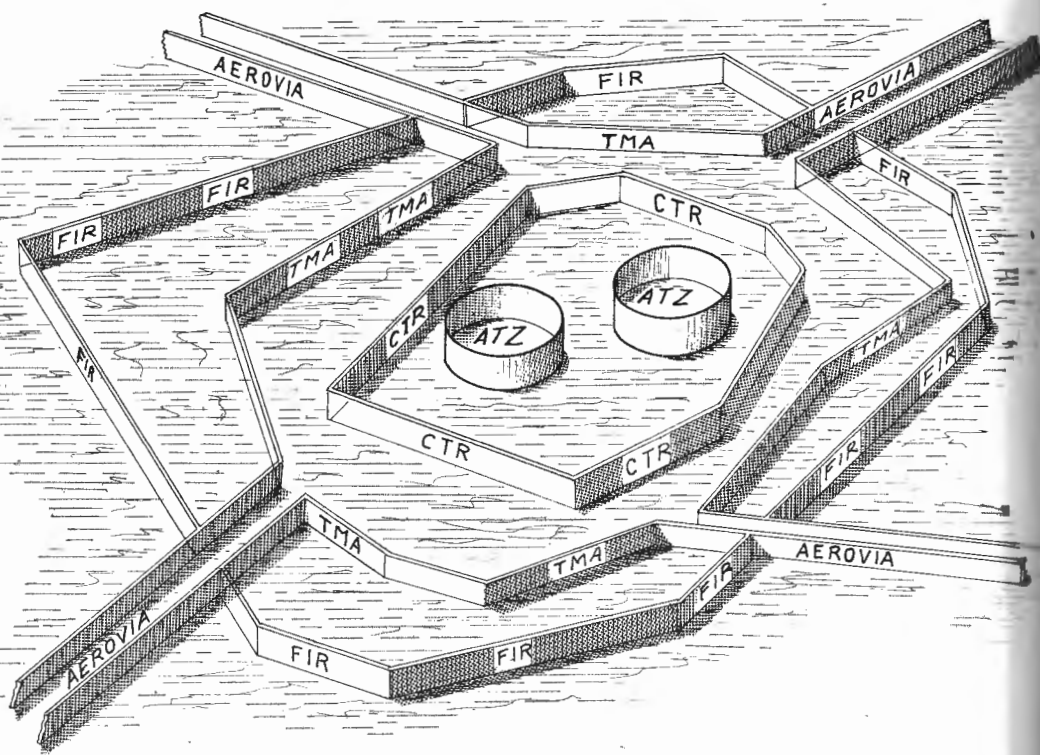



Fig. 157

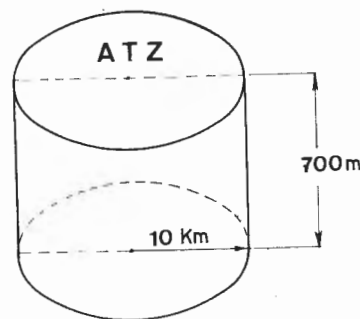



Fig. 158

CIRCOSCRIZIONI E RELATIVI ENTI DELLO SPAZIO AEREO SUPERIORE

In Italia si ha una unica *Regione Informazioni Volo Superiore* (UIR) che sovrasta tutto il territorio nazionale e si eleva dal livello di volo 250 (compreso) sino a quota illimitata. L'ente che provvede ad assicurare il servizio entro i limiti di tale regione è il *Centro Informazioni Volo Superiore* (UIC), "Italia Informazioni".

Nell'ambito della UIR esiste una sola *Rotta Assistita Superiore* (UAD) e parecchie *Aerovie Superiori* (UAW); si estendono dal livello di volo 250 (compreso) a FL 400. La differenza tra le aerovie inferiori e quelle superiori è data dai percorsi più rettilinei di queste ultime e dal minor numero di punti di obbligata segnalazione perchè sono utilizzate da aerei ad alta velocità. L'ente che provvede ad assicurare il servizio nelle aerovie superiori è il *Centro di Controllo Aerovie Superiori* (UCC), "Italia Controllo".

SPAZI AEREI CONTROLLATI ED ASSISTITI

Da quanto precedentemente specificato, si può stabilire che gli spazi aerei sono di due specie fondamentali: *spazi aerei controllati* e *spazi aerei assistiti*, e che per spazi aerei controllati s'intendono quelli entro i cui limiti viene svolto un servizio di *controllo positivo*, vale a dire che gli enti preposti al servizio di controllo assumono la completa responsabilità di evitare rischi di collisione tra aeromobili che operano secondo le regole del volo strumentale. E' opportuno però precisare che quando sussistono condizioni meteorologiche di volo a vista (VMC), negli spazi aerei controllati, possono volare pure gli aerei con piano di volo in VFR, che non sono sotto controllo, in tal caso, ne consegue che la responsabilità di evitare di entrare in collisione con questi aerei ricade anche sui piloti che operano in IFR.

SPAZI AEREI RISERVATI

Zona pericolosa - Zona entro o al di sopra della quale possono svolgersi attività costituenti un pericolo potenziale per i velivoli che la sorvolano.

Zona regolamentata - Zona entro i cui limiti il volo dei velivoli è subordinato a determinate condizioni.

Zona vietata - Zona al di sopra della quale il volo degli aeromobili è vietato.

NOZIONI DI REGOLAGGIO ALTIMETRI

Nel quadrante degli altimetri esiste una finestrella attraverso la quale compare una scala graduata in *millibar* o *pollici*, indicante i valori della pressione atmosferica. Mediante un apposito bottone godronato si può far ruotare tale scala ed inserire il valore del "QNH", del "QFE" oppure del "QNE".

QNH - Per QNH si intende la pressione atmosferica di una data località in un determinato istante, ridotta al livello medio del mare. L'altimetro di bordo di un velivolo regolato sul valore del QNH indica la quota di volo *assoluta* (altitudine) rispetto al livello del mare, e ad atterraggio effettuato indica l'altitudine dell'aeroporto.

QFE - Per QFE si intende la pressione atmosferica esistente su un aeroporto in un determinato momento. L'altimetro di bordo regolato su tale valore indica la quota di volo *relativa* (altezza) rispetto all'aeroporto, ed indica zero ad atterraggio effettuato.

QNE - Per QNE si intende la "quota pressione" (o livello barico) indicata da un altimetro regolato sulla pressione standard di 1013,2 mb. In altre parole si può anche dire che è il dislivello barico (espresso in metri o piedi), che intercorre in aria tipo, tra la pressione atmosferica di un certo luogo e quella standard. L'altimetro regolato sul QNE indica *livelli di volo.*

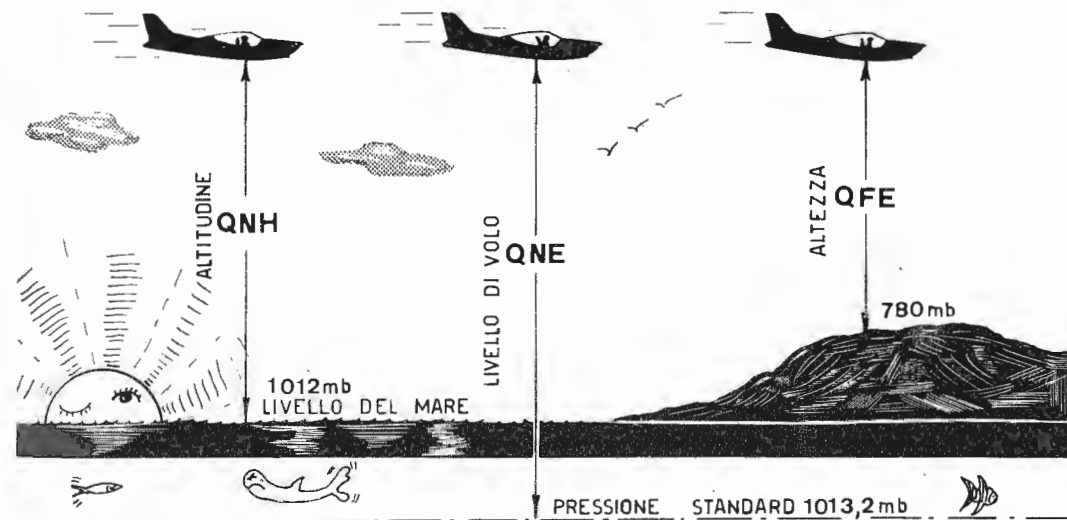



Fig. 159

ALTITUDINE DI TRANSIZIONE

L'altitudine di transizione è l'altitudine nelle vicinanze di un aeroporto alla quale o al disotto della quale la posizione verticale di un aeromobile è determinata riferendosi ad altitudini (QNH). Praticamente l'altitudine di transizione fissa la quota assoluta attraverso la quale gli aerei in salita partiti da un determinato aeroporto debbono regolare l'altimetro di bordo passando dal QNH al QNE, "transizione dal regolaggio di decollo a quello di rotta".

Per tutti gli aeroporti che hanno una procedura di atterraggio strumentale è stabilita un'altitudine di transizione che è riportata su una apposita tabella dell'A.I.P.

LIVELLO DI TRANSIZIONE

Per livello di transizione si intende il livello minimo di volo utilizzabile al di sopra dell'altitudine di transizione. Praticamente esso fissa il livello di volo attraversando il quale gli aerei, in avvicinamento iniziale su

un aeroporto, debbono regolare l'altimetro di bordo passando dal QNE al QNH "transizione dal regolaggio di rotta a quello di avvicinamento". Il livello di transizione varia continuamente a causa delle continue variazioni di pressione.

STRATO DI TRANSIZIONE

E' lo spazio che separa l'altitudine di transizione dal livello di transizione. Esso comprende una fascia mai inferiore ai 1000 piedi di spessore, al fine di garantire la separazione verticale tra velivoli che occupino contemporaneamente il livello e l'altitudine di transizione.

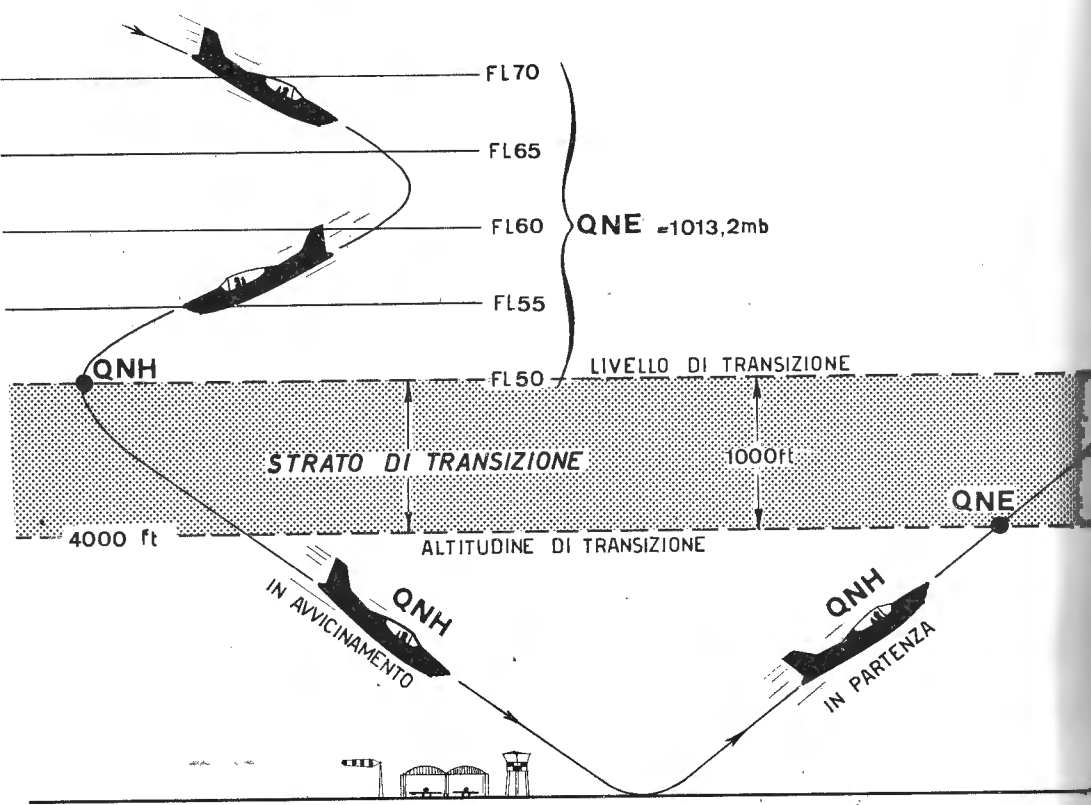



Fig. 160

SERVIZIO DELLA CIRCOLAZIONE AEREA

Nella pratica applicazione il Servizio della Circolazione Aerea si suddivide in:

Servizio informazioni volo, che viene assicurato a tutti i velivoli che operano fuori degli spazi aerei controllati con piano di volo in IFR ed a tutti i velivoli con piano di volo VFR, indipendentemente dallo spazio in cui volano. Con tale servizio vengono fornite, agli aeromobili in volo, informazioni sulle condizioni meteorologiche, sull'efficienza dei servizi e dei mezzi di assistenza e sul traffico che possono essere utili per la sicura ed efficace condotta dei voli.

Servizio consultativo - Tale servizio è facoltativo, perciò viene fornito su richiesta del pilota, al fine di assicurare più accurate informazioni agli aeromobili che operano con piano di volo in IFR entro le rotte assistite (ADR).
Tengasi presente che in Italia questo servizio è obbligatorio.

Servizio di controllo - Il servizio di controllo viene assicurato a tutti i velivoli che operano con piano di volo in IFR entro gli spazi aerei controllati (TMA - CTR - AWY) e a tutto il traffico entro i circuiti aeroportuali (ATZ).
Detto servizio costituisce autorità, vale a dire che i piloti sono tenuti alla osservanza scrupolosa delle autorizzazioni ed istruzioni emanate dagli Enti di controllo.
E' bene precisare però, che il servizio di controllo vero e proprio viene esclusivamente assicurato entro gli spazi aerei controllati ai velivoli in IFR, in quanto è possibile determinare la loro posizione in qualsiasi momento e con accuratezza mediante un adeguato numero di radioaiuti alla navigazione (NDB - VOR - RADAR). Mentre non si può parlare, invece, di controllo nella maniera ortodossa, del servizio che viene svolto entro la giurisdizione dell'ATZ, poichè esso viene espletato sotto forma di assistenza *arricchito da specifiche autorizzazioni*, a tutto il traffico, sia esso VFR che IFR, ma solo

in condizioni VMC.

Servizio di allarme - Questo servizio viene assicurato a tutti i velivoli che abbiano compilato un piano di volo, o che comunque costituiscano traffico conosciuto a prescindere dallo spazio in cui volano. Gli Enti ATC, tramite il pertinente ACC o FIC, sono responsabili di comunicare al Centro di Soccorso Aereo tutte le notizie in loro possesso atte a facilitare le operazioni di ricerca e soccorso.

Servizio comunicazioni informativo - (FSS - AERADIO) - Su alcuni aeroporti, per la scarsa attività che vi si svolge, non viene assicurato il servizio di controllo di aerodromo, ma viene fornito un semplice servizio informativo che, oltre ad accettare piani di volo, provvede a dare informazioni meteorologiche locali, notizie utili per l'atterraggio ed il decollo e informazioni sul traffico conosciuto.
Detto servizio è assicurato da personale non qualificato "controllore", per cui tutte le notizie fornite sia per radio che con segnali ottici, hanno carattere unicamente *informativo*, e non sono autorizzazioni. Pertanto, in tali condizioni di volo, la responsabilità ricade esclusivamente sui piloti.

REGOLE DELL'ARIA

Le Regole dell'Aria sono costituite da quel complesso di norme e raccomandazioni alle quali deve scrupolosamente attenersi ogni pilota di aeromobile nell'esercizio delle proprie funzioni. In Italia si è soliti considerarle suddivise in quattro diverse parti:

– regole generali di volo;
– regole del volo a vista (VFR);
– regole del volo in contatto visivo del suolo (CFR);
– regole del volo strumentale (IFR).

REGOLE GENERALI DI VOLO

Un aeromobile in volo od in movimento sulla superficie di un aeroporto è sempre soggetto alle regole generali di volo, oltre alle regole del volo a vista od a quelle del volo strumentale che verranno applicate secondo i casi.

Le suddette Regole Generali di Volo riguardano:

Qualifica degli equipaggi - Il comandante di un aeromobile e tutti gli altri membri dell'equipaggio debbono essere qualificati in relazione alle funzioni che essi esplicano a bordo.

Uso dei narcotici e bevande alcooliche - Chiunque si trovi sotto l'influenza di bevande alcooliche, di narcotici o di qualsiasi sostanza stupefacente, non deve pilotare un aereo o esercitare le funzioni di membro di equipaggio.

Equipaggiamento di bordo - L'aeromobile deve essere adeguatamente equipaggiato in modo da poter permettere al Comandante di conformarsi alle Regole della Circolazione Aerea, in base alla rotta ed alle condizioni meteorologiche previste.

Autorità del Comandante - Il pilota comandante di un aeromobile ha il potere di decidere in via definitiva su tutto ciò che ha relazione con la condotta del volo, non esclusa la disciplina di tutte le persone presenti a bordo.

Responsabilità del Comandante - Il comandante di un aeromobile che manovri o no i comandi, è responsabile dell'applicazione delle regole dell'aria nella condotta del proprio aeromobile; tuttavia, egli può derogare a tali regole se lo ritiene assolutamente necessario per ragioni di sicurezza.

Negligenza o imprudenza nella condotta degli aeromobili - Un aeromobile non deve essere condotto in maniera negligente o imprudente, tale da costituire un pericolo per la vita o beni di terzi.

Altezze minime di sicurezza - Gli aeromobili quando non siano in fase di atterraggio o di decollo, o non abbiano una autorizzazione rilasciata dalle competenti autorità, non possono volare:

a) – al di sopra delle zone urbane o di altri agglomerati a forte densità di popolazione, o di assembramenti di persone all'aria aperta,

al di sotto di una determinata altezza sufficiente per permettere l'atterraggio, in caso di emergenza, senza provocare danno alle persone o ai beni alla superficie; tale altezza non deve essere inferiore a 300 metri (1000 ft) al di sopra dell'ostacolo più elevato situato in un raggio di 600 metri (2000 ft) dal punto in cui si trova l'aeromobile.

b) – L'altezza di volo non deve essere inferiore ai 150 metri (500 ft) al di sopra dell'acqua o del suolo, in luoghi diversi da quelli specificati nel paragrafo precedente.

Lancio e rimorchio di oggetti - Da un aeromobile in volo non si deve gettare nessun oggetto che possa costituire pericolo per le persone e proprietà sottostanti. Nessun oggetto può essere rimorchiato da un aeromobile in volo, eccetto il caso in cui ciò sia stato autorizzato dalle autorità competenti.

Discesa con paracadute - Le discese con paracadute, salvo in casi di forza maggiore, non devono effettuarsi se non preventivamente autorizzate dalle autorità competenti.

Acrobazie aeree - Nessuna figura acrobatica deve essere eseguita da un aeromobile se può derivarne un pericolo per la circolazione aerea. Salvo speciale autorizzazione dell'autorità competente, nessuna acrobazia deve essere effettuata sopra zone intensamente abitate o al di sopra di assembramenti di persone all'aperto.

Spazi aerei vietati - pericolosi e regolamentati - Le zone vietate, pericolose o regolamentate, di cui siano state diramate le relative caratteristiche, non possono essere sorvolate se non in conformità alle restrizioni stabilite o con l'autorizzazione dell'autorità competente.

Volo in vicinanza di altri aeromobili - Un aeromobile non deve volare tanto vicino ad un altro in modo tale da creare un pericolo di collisione. Il volo in formazione può effettuarsi solo in seguito a preventive intese.

Precedenza - Quando due aeromobili vengono a trovarsi su rotte convergenti e circa alla stessa quota, quello di destra ha la precedenza.

Tuttavia:

le aerodine devono dare la precedenza ai dirigibili, agli alianti ed agli aerostati;

i dirigibili devono dare la precedenza agli alianti ed agli aerostati;

gli alianti devono dare la precedenza agli aerostati;

gli aeromobili devono dare la precedenza ad altri aeromobili che abbiano oggetti a rimorchio.

Avvicinamento di fronte - Quando due aeromobili si avvicinano di fronte con rischio di collisione, ognuno di essi deve accostare sulla propria destra.

Fig. 161

Sorpasso - Nel momento in cui un aeromobile sorpassa un altro, quest'ultimo ha la precedenza e quello sorpassante tanto se è in fase di salita che di discesa o di planata, deve allontanarsi dalla rotta dell'altro aeromobile, spostandosi sulla destra.

Fig. 162

Atterraggio - Gli aeromobili in volo o in manovra sulla superficie aeroportuale, devono dare la precedenza agli aeromobili in atterraggio o in fase di avvicinamento finale. Quando due o più aeromobili si avvicinano ad un aeroporto per atterrarvi, la precedenza spetta allo aeromobile che ha quota inferiore, ma quest'ultimo non deve valersi di questa norma per tagliare la rotta ad un altro aeromobile in procinto di effettuare l'avvicinamento finale.
Indipendentemente da quanto detto, gli aeromobili a motore devono sempre dare la precedenza agli alianti.

Atterraggio di emergenza - Un pilota che è a conoscenza che un altro aeromobile è costretto ad effettuare un atterraggio di emergenza, deve dare la precedenza a quest'ultimo.

Decollo - Un aeromobile in procinto di decollare non deve iniziare la manovra finchè esista rischio evidente di collisione con altri aeromobili.

Volo strumentale simulato - Nessun aeromobile può volare in condizioni di volo strumentale simulato a meno che:

- l'aeromobile sia equipaggiato di doppi comandi efficienti;
- un pilota abilitato occupi un posto ai comandi, in modo che possa intervenire quale pilota di sicurezza in sostituzione di quello che effettua il volo strumentale simulato.

Manovra al di sopra o nei pressi di un aeroporto - un aeromobile in manovra al di sopra o nei pressi di un aeroporto deve:

- sorvegliare la circolazione dell'aeroporto per evitare collisioni;
- inserirsi nel circuito di traffico con un angolo di incidenza di 45° rispetto all'asse della pista;
- effettuare, in fase di avvicinamento e dopo il decollo, tutte le virate a *sinistra*, salvo disposizioni contrarie;
- atterrare e decollare contro vento, salvo che la sicurezza o le necessità della circolazione non impongano un'altra direzione;
- mantenere l'ascolto continuo sull'apposita frequenza radio; se sprovvisto di radio, porsi nelle condizioni migliori per poter distinguere i segnali ottici effettuati dalla torre di controllo.

Luci di posizione (Fanali di via) - Nelle ore comprese tra il tramonto ed il sorgere del sole, od in qualsiasi periodo prescritto dall'autorità competente, tutti gli aeromobili in volo o in movimento sull'area di manovra di un aeroporto devono disporre delle regolamentari luci di posizione: *rossa a sinistra – verde a destra – bianca in coda.*

STUDIO E PREPARAZIONE DEL VOLO

Prima di iniziare un volo, il Comandante di un aeromobile deve prendere conoscenza di tutte le informazioni disponibili interessanti l'operazione di volo da compiere. Le informazioni necessarie per la progettazione di un volo sono di due specie:

- **Informazioni operative;**
- **Informazioni di rotta.**

Le prime si intendono quelle che si riferiscono alle caratteristiche di prestazione e di impiego del velivolo.

Le informazioni di rotta si possono considerare raggruppabili nelle seguenti tre categorie:

- pubblicazioni di informazioni aeronautiche (A.I.P.);
- avvisi agli aeronaviganti; NOTAM
- informazioni meteorologiche METEO

Pubblicazioni Informazioni Aeronautiche (AIP) - Sono documenti base che ogni Stato membro dell'OACI pubblica allo scopo di portare a conoscenza del personale aeronavigante l'organizzazione e le caratteristiche di funzionamento dei propri servizi di assistenza al volo.

A.I.P. si compone di sette parti, ognuna delle quali è distinta da una sigla che ne indica gli argomenti trattati:

AGA - Elenco e dati caratteristici degli aeroporti (AGA 1, 2, 3);

COM - Elenco e dati caratteristici dei servizi delle telecomunicazioni (COM 1, 2, 3);

MET - Elenco e dati caratteristici degli uffici meteorologici e dei servizi di radiodiffusione meteo (MET 1, 2);

RAC - Regole dell'aria e procedure di controllo della circolazione aerea (RAC 1, 2, 3, 4);

FAL - Norme concernenti l'entrata ed il transito degli aeromobili civili nello Stato (FAL 1, 2, 3, 4);

SAR - Dati relativi ai mezzi ed al servizio di ricerca e salvataggio (SAR 1, 2);

MAP - Carte di avvicinamento strumentale ed atterraggio (MAP 1, 2).

Avvisi agli Aeronaviganti (NOTAM) - Sono messaggi che danno informazioni agli aeronaviganti sull'esistenza, la creazione, lo stato attuale e le modifiche di:

- ostacoli pericolosi alla navigazione aerea;
- aeroporti e campi di atterraggio;
- installazioni per la navigazione aerea;
- procedure e regolamenti per la navigazione aerea.

I Notam, secondo il loro grado di urgenza, si dividono in *Notam di prima classe* e *Notam di seconda classe.*

I Notam di prima classe vengono diffusi tramite i servizi di telecomunicazioni (radio, telegrafo, telefono e telescriventi), quelli di seconda classe tramite servizio postale. Inoltre i Notam possono essere *nazionali* e *internazionali* (questi ultimi sono quelli che riguardano il traffico internazionale.

Informazioni meteorologiche - Prima della partenza i piloti debbono ritirare presso il competente ufficio meteorologico il cosiddetto *cartello di rotta,* contenente:

- copia della più recente topografia assoluta della superficie isobarica relativa alla quota di volo prevista;
- riproduzione schematica di una carta al suolo su cui è indicato lo stato generale del tempo (fronti, precipitazioni, ecc.);
- previsioni di volo e quelle relative all'aeroporto di destinazione e degli aeroporti alternati.

VOLO LOCALE

Per volo locale si intende un volo effettuato entro un raggio di 25 km. dall'aeroporto di partenza e con atterraggio sul medesimo. Il volo locale deve essere condotto in base alle regole CFR.

NOTIFICA DI ARRIVO

Alla fine di qualsiasi volo subito dopo l'atterraggio sull'aeroporto di destinazione, su quello di dirottamento o sull'eventuale campo di fortuna, il Comandante dell'aeromobile deve provvedere a comunicare il suo arrivo.

REGOLE DEL VOLO A CONTATTO VISIVO COL SUOLO

Gli aeromobili possono volare secondo le regole CFR, quando le condizioni meteorologiche sono uguali o migliori di quelle previste per il volo a vista, ed è costantemente mantenuto il contatto visivo col suolo. Potranno volare in accordo a tali regole i soli aeromobili nazionali provvisti di apparati radio con peso lordo non eccedente le *quattro tonnellate,* e la cui velocità non sia superiore ai *180 nodi.*

Detti voli possono essere effettuati soltanto durante le ore diurne (da mezz'ora prima dell'alba a mezz'ora dopo il tramonto), nello spazio aereo sovrastante il territorio nazionale, e sul mare non oltre 5 NM dalle coste, e fino ad un'altitudine di 3000 piedi o fino ad un'altezza di 1000 piedi, quale delle due è la più alta. Sono vietati lungo le coste adriatiche e sul mare Adriatico.

PIANO DI VOLO IN CFR

Il piano di volo in CFR, che può essere compilato anche via telefono, deve essere presentato 15 minuti prima dell'ora stimata di partenza (ETD) e deve contenere i seguenti dati:

marca d'immatricolazione e tipo del velivolo;
aeroporto ed ora stimata di partenza;

– rotta approssimativa e velocità al suolo;
– aeroporto di destinazione ed ora stimata di arrivo (ETA);
– autonomia;
– persone a bordo;
– nome del Comandante.

Sono dispensati dall'obbligo della compilazione del piano di volo i piloti di aeromobili diretti o in partenza da aeroporti non sedi di CDA o FSS. Naturalmente per questi voli non è assicurato il servizio di ricerca e salvataggio.

Rimane tuttavia al pilota l'obbligo della notifica di volo quando sia in partenza da un aeroporto sede di CDA.

Qualora il pilota intendesse avvalersi del servizio di soccorso, dovrà comportarsi come segue:

– se in partenza da un aeroporto sede di CDA o FSS, diretto ad un aeroporto non sede di CDA o FSS, compilare il piano di volo specificando il CDA di giurisdizione per l'aeroporto di destinazione e, ad atterraggio avvenuto, dovrà comunicare al predetto CDA in tempo utile la chiusura del PLN.
Si tenga presente che la mancanza di questa comunicazione può provocare l'entrata in allarme del servizio di soccorso, ed il pilota può essere chiamato a rimborsare tutte le spese sostenute in conseguenza dell'allarme ingiustificato.
– Se in partenza da un aeroporto non sede di CDA o FSS, dovrà, prima della partenza, presentare (anche per telefono) un piano di volo al CDA di giurisdizione.

CAMBIAMENTO DEL PIANO DI VOLO

Se durante il volo le condizioni meteorologiche cambiano in modo tale da non poter più proseguire il volo in CFR, il pilota deve:

– atterrare sull'aeroporto più conveniente;
– oppure, procedere secondo le regole del VFR, dopo essersi collegato con l'appropriato Ente della circolazione aerea per cambiare il PLN da CFR a VFR;
– oppure, se il pilota è munito della prescritta abilitazione e l'aeromobile ha l'adeguata strumentazione, deve cambiare il piano di volo in IFR, dopo aver ottenuta la preventiva autorizzazione dal competente ente di controllo.

REGOLE DEL VOLO A VISTA (VFR)

I voli in VFR possono essere effettuati dagli aeromobili che sono muniti di apparati radio rice-trasmittenti in grado di stabilire il collegamento bilaterale con gli appropriati Enti del Servizio della Circolazione Aerea. Tali voli possono essere condotti solo durante le ore diurne (mezz'ora prima dell'alba fino a mezz'ora dopo il tramonto), ed in condizioni di visibilità e distanza dalle nubi uguali o superiori alle minime meteorologiche prescritte.

PREPARAZIONE DEL VOLO IN VFR

I voli in VFR sono consentiti dal suolo (o dall'acqua), fino al livello di volo 250 escluso.

Prima di iniziare un volo, il Comandante di un aeromobile deve recarsi all'ufficio informazioni dell'aeroporto (CDA) per:

– prendere visione di tutte le notizie che possono interessare il volo da effettuare:
– ritirare il cartello di rotta.

PIANO DI VOLO IN VFR

Almeno 15 minuti prima dell'ora prevista per la partenza, presentare il piano di volo in VFR, comprendente i seguenti dati:

– aeroporto e tempo stimato di partenza "ETD" (Estimated Time

Departure);
- rotta e velocità al suolo;
- aeroporto di destinazione e tempo stimato d'arrivo "ETA" (Estimated Time of Arrival);
- autonomia;
- frequenza radio e persone a bordo;
- nome del Comandante.

Come per il CFR, i piloti degli aerei da turismo possono presentare il piano di volo via telefono ed ottenere con lo stesso mezzo le informazioni meteo e varie.

CAMBIAMENTO DEL PIANO DI VOLO DA VFR AD IFR

Se durante il volo le condizioni meteorologiche variano in maniera tale da non poter proseguire il volo a vista, il pilota deve:

- atterrare sull'aeroporto più adatto; oppure:
- se in possesso di abilitazione strumentale con aereo fornito di idonea strumentazione, deve collegarsi immediatamente con il competente Ente del Servizio della Circolazione Aerea per cambiare il piano di volo da VFR in IFR;
- se l'aeromobile si trova a volare fuori degli spazi aerei controllati, si collegherà con l'appropriato Centro Informazioni Volo, fornendo i dati necessari per proseguire in IFR. Il pilota dovrà mantenere VMC fino a quando non gli sarà pervenuto il *"Ricevuto"* da parte del FIC;
- nel caso invece, in cui l'aeromobile si trovi a volare in spazi aerei controllati, si collegherà col competente organo di controllo per sottoporre un piano di volo in IFR.

Fino a quando il pilota non riceve dall'Ente di Controllo una regolare autorizzazione del traffico, dovrà mantenere VMC.

MODIFICHE AL PIANO DI VOLO

Qualsiasi modifica al piano di volo dovrà essere tempestivamente

notificata al FIC nella cui circoscrizione l'aeromobile vola.

AVARIA RADIO IN VFR

Un aeromobile in VFR, in caso di avaria radio, deve passare a volare in accordo alle regole del CFR. Se ciò non fosse possibile, deve atterrare sull'aeroporto più adatto.

COLLEGAMENTI IN ROTTA

Gli aeromobili in volo nella FIR, con piano di volo in VFR, sono obbligati a trasmettere al competente Centro Informazioni Volo (FIC) i seguenti messaggi di posizione:

in entrata nello spazio aereo di una FIR;
in uscita, prima di attraversare il confine tra due FIR.

Gli aeromobili che non segnalano la propria posizione secondo le norme sopra descritte, e per i quali non si abbia possibilità di identificazione, possono ssere intercettati da parte degli aerei della Difesa Aerea, e questi ultimi, in certi casi, potranno richiedere ed ottenere di forza il dirottamento e l'atterraggio dell'aeromobile intercettato.

TABELLA DEI LIVELLI DI CROCIERA PER I VOLI IN VFR

I voli VFR, quando effettuati al di sopra di una altitudine di 3000 piedi o di una altezza di 1000 piedi, quale delle due è la più alta, dovranno essere condotti ad un livello di volo (FL) appropriato alla rotta magnetica dell aeromobile, scelto nelle tabelle previste. Quando le condizioni meteo non consentono di mantenere i prescritti livelli *semicircolari* di crociera, il pilota potrà volare (limitatamente al tempo strettamente necessario) a qualunque livello che consenta di osservare le regole del volo a vista.

I voli VFR nelle TMA, nei CTR e nelle ATZ, dovranno essere condotti in accordo alle procedure particolari locali (vedi AIP, parte RAC 4).

ROTTA MAGNETICA da 000° a 179° FL DISPARI + 500		
LIVELLO VOLO	piedi	metri
35	3.500	1.050
55	5.500	1.700
75	7.500	2.300
95	9.500	2.900
115	11.500	3.500
135	13.500	4.100
155	15.500	4.700
175	17.500	5.350
195	19.500	5.900
215	21.500	6.500
235	23.500	7.150

ROTTA MAGNETICA da 180° a 359° FL PARI +500		
LIVELLO VOLO	piedi	metri
45	4.500	1.350
65	6.500	2.000
85	8.500	2.600
105	10.500	3.200
125	12.500	3.800
145	14.500	4.400
165	16.500	5.050
185	18.500	5.650
205	20.500	6.250
225	22.500	6.850
245	24.500	7.450

Livelli di crociera VFR

VFR SPECIALE

Nella zona di traffico di un aeroporto situato in una zona di controllo di avvicinamento, sono proibiti i voli in VFR, se su detto aeroporto la visibilità al suolo è inferiore a 8 km.

Tuttavia, allo scopo di agevolare i piloti che non possono attenersi all'IFR, il controllo di avvicinamento (APP) potrà rilasciare, su richiesta dei piloti, traffico permettendo e purchè la visibilità orizzontale sull'aeroporto non sia inferiore ad 1,5 km. (1 NM), specifiche autorizzazioni di "*VFR speciale*" alle seguenti condizioni:

- l'aeromobile dovrà mantenere l'ascolto continuo sull'appropriata frequenza di controllo;
- l'aeromobile dovrà essere al di sotto delle nubi, in contatto visivo col suolo, o con l'acqua;

- agli aeromobili in VFR speciale non verrà generalmente assegnata una altitudine o livello ma verranno solamente impartite istruzioni, onde tenersi fuori dalle nubi ed in contatto visivo col suolo;
- l'autorizzazione di VFR speciale non esime il pilota dalla sua responsabilità di stabilire se le condizioni meteorologiche di volo sono tali da permettergli di seguire la sua rotta evitando gli ostacoli.

REGOLE DEL VOLO STRUMENTALE (IFR)

I voli in IFR possono essere effettuati soltanto dai piloti in possesso della prescritta abilitazione e dagli aeromobili equipaggiati con strumenti e apparati radio, secondo quanto stabilito dalla convenzione O.A.C.I.

Le regole del volo strumentale possono essere applicate nei seguenti casi:

- quando esistono condizioni meteo al di sotto delle minime stabilite;
- quando, indipendentemente dalle condizioni meteo esistenti, il Comandante dell'aeromobile decida di volare con PLN in IFR;
- quando il volo è effettuato di notte;
- quando si prevede che il volo venga effettuato ad un livello di volo superiore a FL 250.

AZIONI DA COMPIERE PRIMA DI INIZIARE UN VOLO IN IFR

- Prendere visione presso il CDA di tutte le notizie che possono interessare il volo, e ritirare il cartello di rotta;
- sottoporre ad approvazione del CDA il piano di volo che deve essere presentato con un anticipo di 15 minuti se il volo è condotto fuori degli spazi aerei controllati, o 30 minuti prima dell'ETD nel caso che il volo venga effettuato entro gli spazi aerei controllati.

Gli aeromobili sono tenuti a partire entro *dieci minuti* e non oltre dallo stimato di partenza indicato sul PLN. In caso di ritardo debbono essere presi accordi col competente Ente di controllo per ottenere una nuova autorizzazione.

ROTTA MAGNETICA da 000° a 179° FL DISPARI		
LIVELLO VOLO	piedi	metri
50	5.000	1.500
70	7.000	2.150
90	9.000	2.750
110	11.000	3.350
130	13.000	3.950
150	15.000	4.550
170	17.000	5.200
190	19.000	5.800
210	21.000	6.400
230	23.000	7.000
250	25.000	7.600
270	27.000	8.250
290	29.000	8.850
330	33.000	10.050
370	37.000	11.300
410	41.000	12.500
ecc.		

ROTTA MAGNETICA da 180° a 359° FL PARI		
LIVELLO VOLO	piedi	metri
40	4.000	1.200
60	6.000	1.850
80	8.000	2.450
100	10.000	3.050
120	12.000	3.650
140	14.000	4.250
160	16.000	4.900
180	18.000	5.500
200	20.000	6.100
220	22.000	6.700
240	24.000	7.300
260	26.000	7.900
280	28.000	8.550
310	31.000	9.450
350	35.000	10.650
390	39.000	11.900
ecc.		

Livelli di crociera in IFR

AVARIA RADIO IN IFR

In caso di avaria all'apparato radio, durante un volo in IFR, se le condizioni meteo non consentono di proseguire il volo in VMC, comportarsi come segue:

- continuare il volo in accordo al PLN presentato, mantenendo il livello di crociera ultimo confermato per il tratto di rotta per il quale il velivolo ha ricevuto la relativa autorizzazione, indi proseguire al livello o ai livelli di volo indicati nel PLN, cercando di arrivare sulla radio assistenza di avvicinamento che serve l'aeroporto di destinazione, ad un'ora la più vicina possibile all'orario stimato di arrivo (ETA);
- iniziare la discesa ad un'ora che sia la più vicina possibile all'orario previsto nel piano di volo;
- effettuare l'atterraggio entro 30 minuti dall'ETA previsto.

Se l'atterraggio non può essere effettuato entro tale limite di tempo

e non si riesce ad effettuare un avvicinamento a vista, l'aeromobile dovrà lasciare l'aeroporto e gli spazi aerei controllati con rotta e livelli stabiliti e portarsi in una zona in cui il volo possa essere condotto in VMC.

SERVIZIO D'ALLARME

Come è già stato detto questo servizio viene assicurato a tutti i velivoli che abbiano compilato un piano di volo, o che comunque costituiscano traffico conosciuto. Le fasi di tale servizio sono le tre seguenti:

1) *Fase d'incertezza* (INCERFA), ha inizio dal momento in cui un aeromobile non segnala la sua posizione, oppure quando non giunge a destinazione nell'ora prevista d'arrivo. Essa ha la durata di 30 minuti.

2) *Fase di allarme* (ALERFA), ha inizio subito dopo la fase d'incertezza, non appena cioè sono scaduti i 30 minuti, o quando un aeromobile che ha ricevuto l'autorizzazione ad atterrare non atterra entro cinque minuti.

3) *Fase di pericolo* (DESTRESFA), questa terza ed ultima fase scatta quando si ritiene che il velivolo sia ormai in stato di pericolo.

CARATTERISTICHE DEGLI AEROPORTI

La classificazione degli aeroporti è basata sulle due seguenti caratteristiche della pista principale: dimensioni e resistenza; pertanto, secondo la lunghezza della pista e la sua resistenza in funzione del carico per ruota isolata che può sopportare, si hanno le seguenti classi di aeroporto:

A	lunghezza 2550 metri ed oltre	– carico per ruota kg. 45.000
B	lunghezza da 2150 a 2550 m.	– carico per ruota kg. 35.000
C	lunghezza da 1800 a 2150 m.	– carico per ruota kg. 27.000
D	lunghezza da 1500 a 1800 m.	– carico per ruota kg. 20.000
E	lunghezza da 1280 a 1500 m.	– carico per ruota kg. 13.000
F	lunghezza da 1080 a 1280 m.	– carico per ruota kg. 7.000
G	lunghezza da 900 a 1080 m.	– carico per ruota kg. 2.000

LARGHEZZA DELLE PISTE

Generalmente la larghezza delle piste non è inferiore a 60 m. quando sono di classe A e B; 45 m. quando sono di classe C, D ed E; 30 m. quando sono di classe F e G.

SEGNALAZIONE OSTACOLI

Tutti gli oggetti che nell'interno di un aeroporto costituiscono ostacolo per il libero e sicuro movimento degli aeromobili, sono segnalati con *pitturazione*, con *bandiere* o con *luci.*

Segnalazione con pittura - Ogni ostacolo a superficie continua di norma viene segnalato pitturandolo a scacchiera con rettangoli di colori contrastanti, generalmente sono usati l'arancione ed il bianco, oppure il rosso ed il bianco.

Segnalazione con bandiere - Ogni qualvolta non è possibile provvedere alla loro pitturazione, gli ostacoli possono essere segnalati con bandierine quadrangolari di colore arancione unico o a scacchiera arancione-bianco o rosso-bianco.

Segnalazione luminosa - La segnalazione luminosa degli ostacoli viene fatta con luci di pericolo di colore rosso. Se l'ostacolo supera i 45 mt. di elevazione, oltre che alla sommità, le luci vengono poste anche a livelli intermedi.

SEGNALAZIONI NOTTURNE AEROPORTI

Faro di identificazione aeroporto - emette luce color verde in tutte le direzioni fino a 45° sopra l'orizzonte, manipolata con lettere indicanti il nominativo dell'aeroporto in codice morse.

Faro di avvicinamento - Emette alternativamente fasci di luce verde e bianca con la frequenza da 12 a 20 lampi al minuto.

Luci di pista - Sono normalmente di colore bianco, uniformemente distanziate fra l'una e l'altra: 60 metri per le piste strumentali, 100 metri

per tutte le altre. Nelle piste strumentali che abbiano una lunghezza superiore ai 1200 metri, le luci sono in un senso o nell'altro della pista, bianche per il primo tratto e gialle per l'ultimo tratto per una lunghezza di 600 metri; in quelle di lunghezza inferiore ai 1200 metri, le luci gialle si estendono fino a metà pista.

Luci di soglia - Sono costituite da quattro o più luci di colore verde, poste perpendicolarmente all'asse della pista in corrispondenza dei limiti utilizzabili della pista stessa, nella direzione dell'atterraggio; dalla parte opposta le luci di soglia sono di colore rosso.

Luci delle piste di rullaggio - Sono di colore azzurro, oppure azzurro da una parte e giallo dall'altra, quando sono disposte lungo ciascun lato della pista di rullaggio; sono verdi invece quando sono disposte lungo l'asse della pista stessa.

Segnale di libero o di vietato atterraggio - Il libero atterraggio viene indicato con una freccia luminosa verde, il vietato da una croce luminosa rossa. Tali segnali sono posti in corrispondenza dell'asse della pista, ma fuori delle testate.

Segnale di direzione del vento - E' normalmente costituito dal medesimo segnale usato per le ore diurne, debitamente illuminato.

SEGNALI DI PISTA

I segnali predisposti sulle piste di volo sono i seguenti:

Segnale di identificazione, è costituito da un numero di due cifre posto sulle estremità della pista; esso corrisponde (per eccesso o per difetto) alla decima parte del valore numerico dell'orientamento magnetico dell'asse pista arrotondato alla decina più vicina; per esempio: 348 = numero pista 35. Se la prima cifra del numero di pista è zero significa che il corrispondente valore numerico dell'orientamento pista è minore di 100; per esempio: 09 = orientamento pista 90.

Segnale di asse pista, consiste in una linea tratteggiata estendentesi per tutta la lunghezza della pista stessa.

Segnale di soglia, è formato da una serie di strisce longitudinali parallele, poste sulle due estremità della pista.

Segnali di zona di contatto, sulle piste strumentali sono riportati i segnali di zona di contatto, costituiti da strisce longitudinali intervallate di circa 150 metri le une dalle altre e situate entro i primi 600 metri a partire dalla soglia.

Segnalazione dei bordi delle piste - i limiti laterali delle piste sono segnalati con linea continua.

Segnalazione piste parallele - tali piste sono distinte dalla lettera L per la pista sinistra, R per la pista destra e C per quella centrale.

Segnalazione delle vie di rullaggio - le vie di rullaggio sono segnalate da linee longitudinali continue che indicano la relativa mezzaria ed i limiti laterali, inoltre, ad ogni incrocio con le piste di volo, sono posti i segnali di posizione attesa.

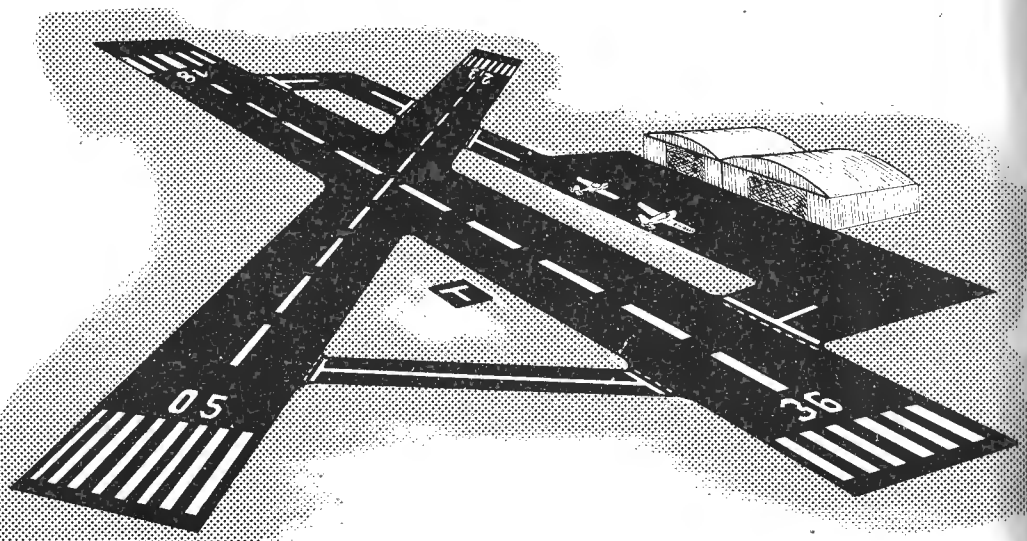



Fig. 163

SENTIERI LUMINOSI DI AVVICINAMENTO

I sentieri di avvicinamento vengono installati su quegli aeroporti dove si ritiene necessaria l'esistenza di aiuti visuali per l'avvicinamento.

La configurazione generale di detti sistemi è tale da presentare, in pianta, una fila di luci sul prolungamento dell'asse delle piste cui sono destinati, ed una o più file rettilinee di luci perpendicolari alle precedenti, disposte in modo simmetrico, in maniera da formare una o più barre trasversali. La guida di planata viene ottenuta sfruttando il noto principio, secondo cui sarà mantenuta l'ottima traiettoria di discesa quando il pilota vedrà le linee delle luci trasversali sempre della stessa lunghezza; si sarà invece sopra tale traiettoria quando le linee di luce trasversali saranno progressivamente più corte; si sarà sotto alla traiettoria in parola quando si verificherà il contrario.

La linea di luci centrali che coincide con l'asse della pista, fornisce la guida direzionale e le indicazioni di distanza rispetto ad uno dei tre tratti in cui la linea stessa è divisa.

NORME RELATIVE AI FANALI E SEGNALAZIONI

LUCI DI POSIZIONE (o FANALI DI VIA)

Nelle ore comprese tra il tramonto ed il sorgere del sole, tutti gli aeromobili in volo o in movimento sull'area di manovra debbono avere accese le seguenti luci di posizione:

Luce rossa a sinistra, il cui fascio di proiezione forma un angolo diedro di 110° e deve essere vista a non meno di 8 km.

Luce verde a destra, con le caratteristiche di cui sopra.

Luce bianca in coda, il cui fascio di proiezione forma un angolo diedro di 140° e deve essere vista a non meno di 5 km.

Tali luci possono essere fisse o intermittenti; nel caso siano impiegate queste ultime, si possono aggiungere luci complementari, sempre ad inter-

mittenza, con il seguente accoppiamento:

- luce rossa intermittente alternantesi con la luce bianca posteriore;
- luce bianca intermittente alternantesi con le luci intermittenti rossa e verde poste alle estremità alari.

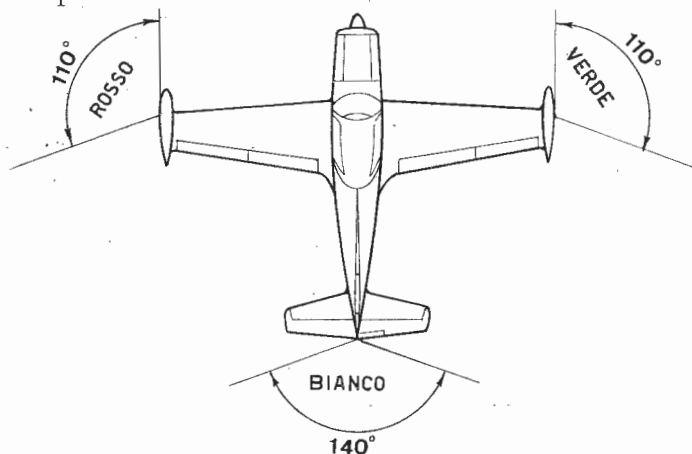



Fig. 164

LUCI DEGLI IDROVOLANTI FERMI O IN MOVIMENTO SULL'ACQUA

Idro in movimento: oltre alle luci di posizione, deve anche disporre di una luce bianca posta in prua, il cui fascio di proiezione forma un angolo diedro di 220°.

Idro rimorchiato: oltre alle luci di posizione, deve disporre anche di due luci rosse poste anteriormente l'una sopra l'altra, distanti fra loro di almeno 2 mt., ed illuminanti un angolo diedro di 220°. L'aeromobile rimorchiato deve avere le sole luci di via.

Idro non in grado di manovrare: oltre alle luci di posizione, deve disporre di due luci rosse poste anteriormente l'una sopra l'altra, distanti non meno di 1 mt. l'una dall'altra e visibili per tutto l'orizzonte.

Idro fermo ma non ancorato: due luci rosse poste anteriormente l'una sopra l'altra, distanziate almeno di 1 mt. e visibili per tutto l'orizzonte, più una luce bianca posteriore, illuminante un angolo diedro di 140°.

Idro all'ancora: (lungo meno di 50 mt.) - una luce bianca anteriore visibile per tutto l'orizzonte.

Idro all'ancora: (lungo più di 50 mt.) - una luce bianca anteriore e posteriore, visibili da ogni punto dell'orizzonte.

Idro all'ancora: (con apertura alare superiore ai 50 mt.) - una luce bianca su ciascuna estremità alare.

Luci alianti (eccettuati quelli da trasporto):
Tre luci, una rossa in prua a sinistra, una verde in prua a destra, e la terza bianca in coda, piazzate in modo tale che siano visibili da tutte le direzioni.
Altre luci sono previste per dirigibili e palloni frenati.

SEGNALI DI PERICOLO - URGENZA

SEGNALI DI PERICOLO

I segnali seguenti, usati separatamente o insieme, significano che un imminente pericolo minaccia chi li lancia e necessita di immediato soccorso:

1) - SOS, emesso in radiotelegrafia in base al codice morse;
2) - MAYDAY, emesso in radiotelefonia;
3) - Fuochi pirotecnici o razzi a luce rossa, lanciati a breve intervallo;
4) - Un segnale a paracadute mostrante luce rossa;
5) - Due bandiere colorate rosso-bleu (segnale NC del Codice Internazionale) - figura 165;
6) - Bandiere quadrate con sopra, o sotto, una palla od un oggetto simile - figura 166;
7) - Segnali esplosivi qualsiasi sparati ad intervalli di un minuto.

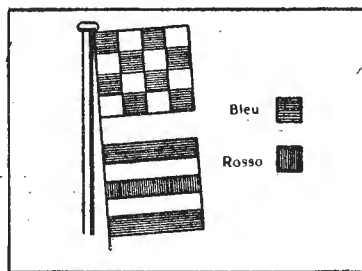



Fig. 165

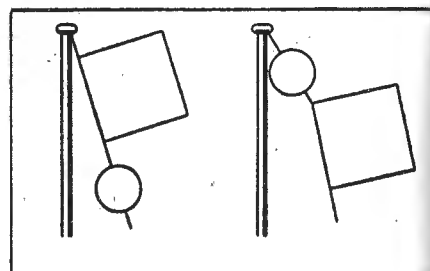



Fig. 166

SEGNALI D'URGENZA

I seguenti segnali vengono usati quando si deve trasmettere un messaggio urgentissimo relativo alla sicurezza di una nave, di un aeromobile, di un veicolo, o di qualche persona a bordo:

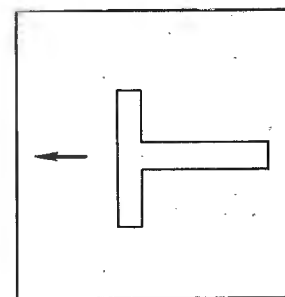
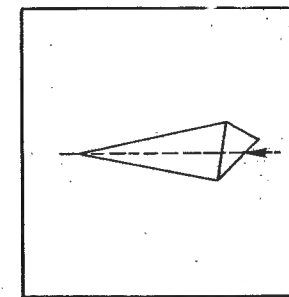
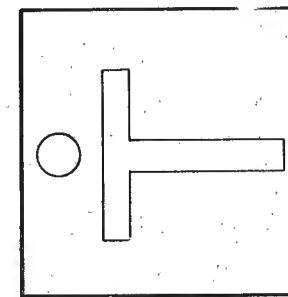
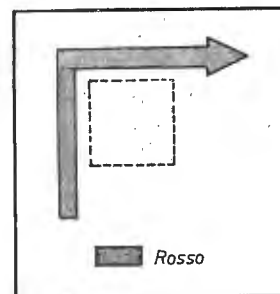
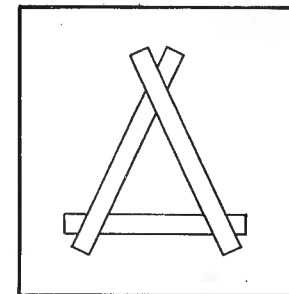
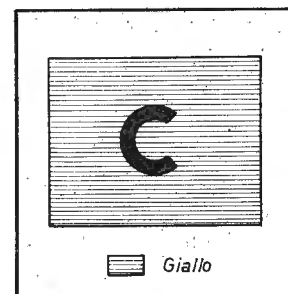
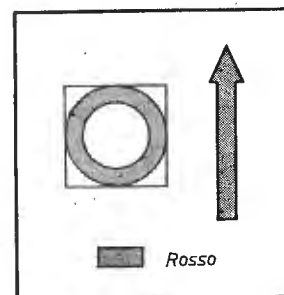
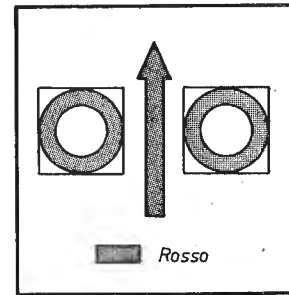
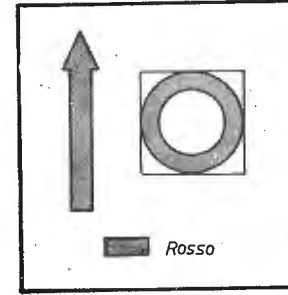
– in radiotelegrafia, tre ripetizioni del gruppo XXX;
– in radiotelefonia, ripetere tre volte la parola PAN.

I seguenti segnali usati da un aereo in volo stanno a significare che ha urgenza di notificare le difficoltà che lo costringono ad effettuare l'atterraggio senza bisogno, tuttavia, di soccorso immediato:

– ripetuto lampeggiamento dei fari di atterraggio;
– ripetuto ed irregolare lampeggiamento delle luci di posizione;
– serie di razzi a luce bianca.

SEGNALI VISIVI PER AVVERTIRE UN AEROMOBILE CHE STA VOLANDO IN VICINANZA DI UNA ZONA VIETATA - REGOLAMENTATA O PERICOLOSA

Sia di giorno che di notte, una serie di razzi lanciati ad intervalli di 10 secondi, producenti delle stelle o delle luci rosse e verdi, indica ad un aeromobile che esso si trova nelle vicinanze di una zona vietata, pericolosa o regolamentata.

SEGNALI CONVENZIONALI A TERRA

Direzione di atterraggio e di decollo.

Direzione di decollo e di atterraggio.

Atterraggi nel senso della T - I decolli possono avvenire in direzione contraria.

Circuito di traffico « a destra ».

Ordine di atterrare (3 teli bianchi che formano una lettera A).

Sede del Controllo di Aeroporto.

Avete perduto (o sembra in avaria) la ruota sinistra.

Carrello non abbassato.

Avete perduto (o sembra in avaria) la ruota destra.

Manica a vento.

Pettine delimitazione campo.

Direzione di decollo (in decine di gradi).

Atterraggio vietato.

Atterraggio con precauzione

Porzione dell'area di manovra non idonea per i movimenti degli aeromobili.

Usare soltanto pista di volo e piste di rullaggio.

Usare soltanto piste di volo per atterraggi e partenze.

Direzione di decollo da concordarsi con la Torre.

IMPORTANTE

SEGNALI LUMINOSI PER IL CONTROLLO DEL TRAFFICO AEREO

AEREI IN VOLO

Luce verde fissa	autorizzato ad atterrare
Luce rossa fissa	continuate a circuitare
Luce verde intermittente	ritornate per atterrare
Luce rossa intermittente	non atterrate aeroporto pericoloso

AEREI A TERRA

Luce verde fissa	autorizzato a decollare
Luce rossa fissa	fermatevi
Luce verde intermittente	autorizzato a rullare
Luce rossa intermittente	liberare la pista di atterraggio
Luce bianca intermittente	rientrare al parcheggio

SEGNALI PIROTECNICI

nonostante le precedenti istruzioni, non atterrate per il momento

AEROMOBILI AL SUOLO

Fig. 167

ALCUNE VOCI DEL CODICE "Q"

Si riportano, qui di seguito, alcune delle voci del codice "Q" che più comunemente vengono usate e che pertanto si ritiene consigliabile che il pilota debba conoscere a memoria:

QAM – Ultimo bollettino meteo;

QAN – Vento al suolo;

QBA – Visibilità orizzontale al suolo;

QBB – Nuvolosità e base delle nubi;

QDM – Prua magnetica da mantenere per giungere sulla stazione in assenza di vento;

QDR – Rilevamento magnetico rispetto alla stazione;

QDL – Serie di rilevamenti radiogoniometrici;

QFE – Pressione atmosferica alla altitudine dell'aeroporto;

QFG – Verticale della stazione;

QFU – Direzione magnetica della pista in uso;

QFZ – Condizioni meteorologiche previste;

QGE – Distanza dalla stazione;

QGO – Atterraggio proibito;

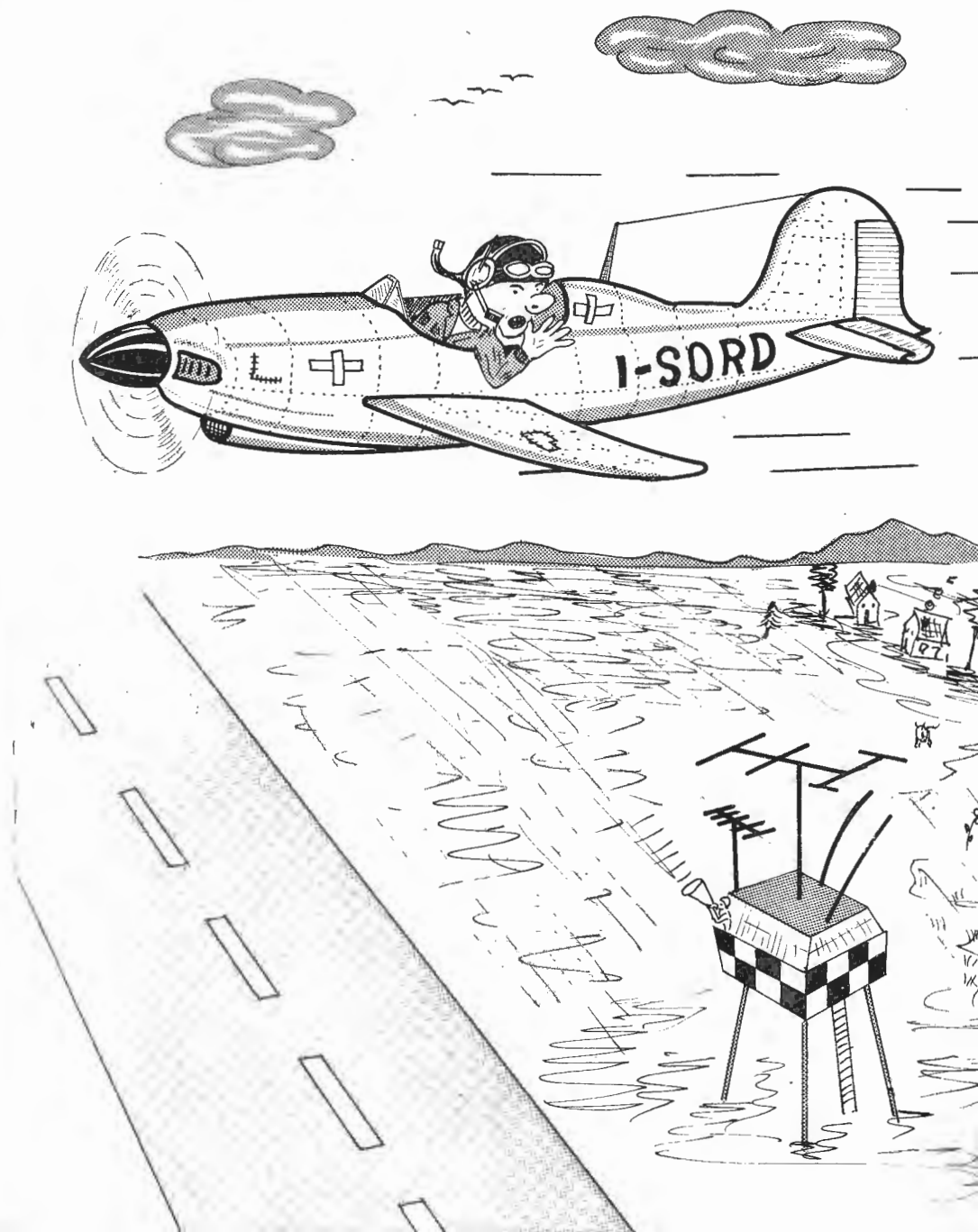
QTE – Rilevamento vero rispetto alla stazione;

QNH – Pressione atmosferica di una località ridotta al livello del mare;

QNE – Indicazione dell'altimetro all'atterraggio, quando è regolato sulla pressione standard di 1013.2 mb.

QTF – Posizione rilevata in base a rilevamenti simultanei effettuati da due o più stazioni radiogoniometriche;

QUJ – Prua vera da mantenere per giungere sulla stazione in assenza di vento.

RADIOFONIA

RADIOFONIA

ALFABETO FONETICO INTERNAZIONALE

A – ALFA
B – BRAVO
C – CHARLIE (Ciarli)
D – DELTA
E – ECO
F – FOXTROT
G – GOLF
H – HOTEL
I – INDIA
J – JULIET (Giuliét)
K – KILO (Chilo)
L – LIMA
M – MIKE (Maik)
N – NOVEMBER
O – OSCAR
P – PAPA
Q – QUEBEC (Quibéch)
R – ROMEO (Romio)
S – SIERRA
T – TANGO
U – UNIFORM (Iuniform)
V – VICTOR
W – WHISKEY (Uischi)
X – X-RAY (Ecs-rei)
Y – YANKEE (Ienchi)
Z – ZULU

In radiofonia si ricorre al suddetto alfabeto fonetico composto di parole aventi, quasi, la medesima pronuncia in differenti lingue, sia quando si debbano sillabare parole di dubbia comprensibilità, sia per esprimere: nominativi dei velivoli; nominativi dei radio-aiuti alla navigazione; voci del codice "Q" e sigle indicative come IMC, VMC, VFR, IFR, ecc.

Esempi:

I-VOLO – India-Victor-Oscar-Lima-Oscar
I-RORO – India-Romeo-Oscar-Romeo-Oscar
QTE – Quebec-Tango-Eco
VMC – Victor-Mike-Charlie
VFR – Victor-Foxtrot-Romeo

TRASMISSIONE DEI NUMERI

Tutti i numeri, eccetto quelli che esprimono centinaia e migliaia intere, debbono essere trasmessi pronunciando ogni cifra separatamente. I multipli interi di mille superiori al numero 10.000, devono essere trasmessi pronunciando separatamente ogni cifra delle migliaia seguite dalla parola "mille".

Esempio:

10	uno - zero
75	sette - cinque
584	cinque - otto - quattro
600	seicento
5000	cinquemila
10.000	diecimila
11.000	uno - uno - mille
26.000	due - sei - mille
38.143	tre - otto - uno - quattro - tre

I numeri decimali vanno separati da quelli interi con la parola *punto* (o decimali).

Esempio: 123,5 Mc/s : uno - due - tre *punto* (o decimali) cinque.

SISTEMA ORARIO E TRASMISSIONE DELL'ORA

Le stazioni del servizio delle Telecomunicazioni Aeronautiche preposte alla assistenza al volo usano l'ora di *Greenwich* (GMT) detta anche ora *zeta*. Il gruppo orario è costituito da quattro cifre, di cui le prime due esprimono le ore e le altre i minuti. La mezzanotte è indicata con "24.00", mentre come inizio del giorno è indicata con "00.00". Solitamente per la trasmissione del gruppo orario è sufficiente trasmettere i soli minuti dopo l'ora usando la stessa procedura prevista per la trasmissione dei numeri; nel caso che invece si corra il rischio di fare confusione, è opportuno trasmettere il gruppo orario per intero.

Esempio:

Gruppo orario 06.10 - Trasmissione: a) - uno - zero
b) - zero - sei - uno - zero

SCALA DELLA INTELLIGIBILITA'

L'indicazione della comprensibilità nei collegamenti in radiotelefonia è la seguente:

- **non comprensibile** - forza 1
- **comprensibile a tratti** - forza 2
- **comprensibile con difficoltà** - forza 3
- **comprensibile** - forza 4
- **perfettamente comprensibile** - forza 5

Esempio, se la torre di controllo dice: **vi sento forza 3**, significa: "la vostra trasmissione è comprensibile con difficoltà"

PROVE RADIO

Le prove radio possono contemplare i seguenti tre casi:

1) - LINATE TORRE QUI I-VOLO PER SEGNALE PROVA SU 123.5 PASSO (nel caso che la prova venga eseguita quando il velivolo è in volo);

2) - LINATE TORRE QUI I-VOLO PER CONTROLLO APPARATI SU 123.5 PASSO (nel caso che la prova venga eseguita quando il velivolo è in procinto di partire);

3) - LINATE TORRE QUI I-VOLO PER PROVA STAZIONE SU 123.5 PASSO (nel caso che la prova venga effettuata a terra per il ripristino dell'efficienza apparati radio).

Esempio di risposta:

I VOLO QUI LINATE TORRE VI SENTE FORZA 4 PASSO (il che significa: "vostra trasmissione comprensibile").

NOMINATIVI DEGLI ENTI A TERRA

I vari enti a terra preposti al servizio della circolazione aerea devono essere chiamati con i seguenti nominativi preceduti dal nome della località:

.... TORRE	– Torre controllo di aerodromo (TWR)
.... RADIO	– Stazione radio di servizio informativo (FSS)
.... GONIO	– Stazione radiogoniometrica
.... INFORMAZIONI	– Centro informazioni volo (FIC)
.... AVVICINAMENTO	– Controllo di avvicinamento (APP)
.... CONTROLLO	– Centro di controllo d'area (ACC)
.... RADAR	– Radar di sorveglianza
.... GCA **Direttore Precisione**	– Avvicinamento controllato da terra per mezzo radar

FREQUENZE DA IMPIEGARE

Le radiofrequenze impiegate nei collegamenti con i vari enti di controllo del traffico aereo (TWR - FIC - APP - ACC - ecc.) e con le diverse stazioni di radio-aiuti alla navigazione (VOR - NDB - ILS - ecc.), si desumono dalla parte COM.2 dell'AIP. Dette radiofrequenze, oltre ad essere suddivise come già specificato nel capitolo di radionavigazione, pag. 213, sono anche classificate con i seguenti simboli che caratterizzano il tipo di modulazione delle emissioni stesse:

A0 – onda portante con assenza di qualsiasi modulazione;
A1 – telegrafia senza modulazione;
A2 – telegrafia con modulazione;
A3 – radiofonia;
A4 – radio facsimile;
A5 – televisione

N.B. - Nella ricerca delle emissioni di radiofari, per ricevere il segnale di identificazione di una stazione tipo A1, è necessario che l'interruttore **voice - CW** sia posto nella posizione **CW.**

ESPRESSIONI CONVENZIONALI PIU' USATE

- La parola **passo** indica che la trasmissione è finita e che si attende risposta.
- La parola **chiudo** indica la fine della conversazione e che non si attende risposta.
- La parola **ricevuto** preceduta dal nominativo della stazione ricevente conferma l'avvenuta ricezione di un messaggio. Si precisa però che un velivolo, nell'accusare la ricezione di messaggi relativi ad "autorizzazioni di traffico" o "regolaggi altimetro", deve ripetere i medesimi facendoli precedere dal proprio nominativo.
- La parola **affermativo** può avere i seguenti significati: "si" - "autorizzazione concessa" - "è esatto".
- La parola **negativo** può avere i seguenti significati: "no" - "autorizzazione non concessa" - "non è esatto".

CORREZIONI E RIPETIZIONI

Nel caso che venga commesso un errore durante la trasmissione, la comunicazione dovrà essere ripresa dall'ultima parola esatta facendola precedere dalla parola **correzione**.

Se la ricezione è dubbia dovrà essere richiesta la ripetizione completa del messaggio. Se si desidera la ripetizione di una sola parte del messaggio si dirà: "ripetere tutto prima della parola"... oppure "ripetere tutto dopo la parola ...". La ripetizione dei dati specifici deve essere richiesta mediante l'uso di frasi appropriate, come ad esempio: "ripetere regolaggio altimetro"; "ripetere pista in uso".

ATTIVAZIONE E SCAMBIO DI COMUNICAZIONI

Le comunicazioni radiotelefoniche debbono iniziare con una **chiamata** a cui deve far riscontro la **risposta** da parte della stazione chiamata. Prima di attivare il collegamento assicurarsi che la stazione da chiamare

non sia impegnata in altro collegamento. Inoltre, tenere presente che le trasmissioni debbono essere fatte con il tono ed il ritmo di una normale conversazione, che tuttavia non deve superare le 100 parole al minuto.

Esempio di chiamata:

LINATE TORRE QUI I-MALO SU 123.5 PASSO

Esempio di risposta:

I-MALO QUI LINATE TORRE AVANTI (o PASSO)

Quando una stazione viene chiamata ma non è certa del nominativo della stazione chiamata, risponderà come da seguente esempio:

STAZIONE CHE CHIAMA I-MALO RIPETA PROPRIO NOMINATIVO PASSO.

Una volta stabilito il collegamento inziale può essere usato per il velivolo un nominativo abbreviato costituito dalla prima e dalle due ultime lettere del medesimo. Inoltre, saranno consentite comunicazioni reciproche in una forma rapida di procedura senza ulteriori identificazioni e l'omissione delle parole: QUI - PASSO, fino al termine del collegamento, purchè non vi sia possibilità di confusioni.

Esempio di collegamento iniziale e successivo scambio di comunicazioni:

Velivolo	LINATE TORRE QUI I-BUBI SU 123.5 PASSO
Torre	I-BUBI QUI LINATE TORRE AVANTI (o PASSO)
Velivolo	I-BI CHIEDE AUTORIZZAZIONE RULLAGGIO
Torre	I-BI AUTORIZZATO AL RULLAGGIO PISTA IN USO 36 VENTO DA 155°/10 NODI QNH 29.93 RICHIAMATE POSIZIONE ATTESA
Velivolo	I-BI RICEVUTO PISTA IN USO ecc... (ripete tutti i dati fornitigli dalla Torre).
Velivolo	I-BI POSIZIONE ATTESA CHIEDE ALLINEAMENTO E DECOLLO
Torre	I-BI AUTORIZZATO AD ENTRARE IN PISTA E DECOLLARE IMMEDIATAMENTE
Velivolo	I-BI RICEVUTO
Torre	I-BI DECOLLATO AI 22 AUTORIZZATO LASCIARE NOSTRA FREQUENZA E COLLEGARVI CON MILANO INFORMAZIONI SU 122.8 CHIUDO.

DIFFICOLTA' DI COMUNICAZIONI

Quando un aeromobile non riesce a stabilire il contatto con l'appropriata stazione di controllo, trasmetterà il proprio messaggio servendosi, come intermediario, della stazione di un altro velivolo con il quale le comunicazioni siano possibili. Nel caso ciò non si potesse effettuare, cercherà di mettersi in contatto su qualsiasi altra frequenza e con qualsiasi altra stazione a terra alla quale farà fare da *ponte*.

Esempio di richiesta di trasmissione *ponte*:

Velivolo	CIMONE GONIO QUI I-VOLO SU 119.7 PASSO
Gonio	I-VOLO QUI CIMONE GONIO AVANTI (o PASSO)
Velivolo	I-LO IMPOSSIBILITATO RISTABILIRE CONTATTO CON MILANO INFORMAZIONI PREGOVI FARE DA PONTE
Gonio	I-LO AVANTI COL MESSAGGIO
Velivolo	I-LO IN VISTA DI REGGIO EMILIA DOVE E' DIRETTO CHIUDE PIANO DI VOLO AI 45
Gonio	I-LO RICEVUTO CHIUDO CON VOI

TRASMISSIONE CIECA (o ALL'ARIA)

Quando un velivolo non riesce a stabilire il collegamento radio per sopraggiunta avaria al proprio ricevitore, ma ritiene di essere ricevuto dalla stazione interessata, deve trasmettere i prescritti messaggi sulla appropriata frequenza in uso, facendoli precedere dalla seguente frase: **Trasmissione cieca a causa di avaria al ricevitore.** Ciascun messaggio dovrà essere ripetuto due volte, segnalando inoltre l'ora della prossima trasmissione e la frequenza su cui sarà effettuata.

1. Esempio:

ROMA INFORMAZIONI QUI I-VOLO TRASMISSIONE CIECA PER PRESUNTA AVARIA AL RICEVITORE POSIZIONE ATTUALE CONFINI VOSTRA FIR LIVELLO VOLO 45 IN VMC STIMO PASSO CORESE ALLE 10.05 PROSSIMA COMUNICAZIONE ALLE 10.05 su 122.8. (Ripetere il messaggio).

2. Esempio:
MALPENSA TORRE QUI I-VOLO TRASMISSIONE CIECA PER PRESUNTA AVARIA AL RICEVITORE IN VISTA VOSTRO AEROPORTO 1000 PIEDI DAL SUOLO IN VMC STIMO SOTTOVENTO AI 13 ALLA STESSA ORA EFFETTUERO' PROSSIMA COMUNICAZIONE SU 119.6 MI ATTERRO' ALLE VOSTRE SEGNALAZIONI OTTICHE PER L'ATTERRAGGIO. (Ripetere il messaggio).

CATEGORIA DEI MESSAGGI E LORO ORDINE DI PRECEDENZA

1. - Messaggi di soccorso
2. - Messaggi di urgenza
3. - Messaggi radiogoniometrici
4. - Messaggi riguardanti la sicurezza del volo
5. - Messaggi meteorologici
6. - Messaggi relativi alla regolarità del volo.

MESSAGGI DI SOCCORSO

Il messaggio di soccorso deve essere preceduto dal segnale radiotelefonico MAYDAY (pronuncia **medei**) ripetuto preferibilmente tre volte, che sta ad indicare che il velivolo che lo lancia è minacciato da imminente serio pericolo e chiede immediata assistenza. Tale messaggio ha la priorità assoluta su tutte le altre trasmissioni, per cui tutte le stazioni che intercettano una comunicazione di soccorso debbono interrompere istantaneamente qualsiasi altra trasmissione in corso per non interferire nelle comunicazioni in parola. Il messaggio di soccorso è diretto normalmente alla stazione che è in comunicazione con l'aeromobile o nella cui area di giurisdizione l'aeromobile sta operando.

La prima trasmissione di detto messaggio dovrà essere fatta sulla frequenza in uso in quel momento, nel caso non si riuscisse a stabilire il contatto su tale frequenza, si userà la frequenza internazionale di soccorso 121,5 Mc/s o qualsiasi altra frequenza disponibile. Si precisa che oltre alla predetta frequenza, sono ad esclusivo uso del servizio di soccorso le seguenti frequente: MF 500 Kc/s; HF 8364 Kc/s; UHF 243.0 Mc/s.

1. Esempio di messaggio di soccorso:

MAYDAY (possibilmente ripetuto tre volte) ROMAGNA AVVICINAMENTO QUI I-DODI AVARIA AL MOTORE TENTA AMMARAGGIO POSIZIONE 25 MIGLIA NAUTICHE SUD-EST RIMINI LIVELLO VOLO 85 ROTTA VERA 310° VELOCITA' 120 NODI - PASSO.

Conferma di "ricevuto" ad un messaggio di soccorso

La stazione chiamata da un aereo in pericolo dovrà dare immediatamente il ricevuto nel modo seguente:

MAYDAY I-DODI QUI ROMAGNA AVVICINAMENTO RICEVUTO FINE.

Inoltre, prenderà tutte le opportune iniziative per assistere il velivolo in pericolo, provvedendo contemporaneamente ad informare gli enti in grado di intervenire in maniera utile alle operazioni di soccorso.
Qualsiasi altra stazione che abbia intercettato un messaggio di soccorso e che si sia resa conto che il messaggio stesso non è stato ricevuto dalla stazione a cui era indirizzato, provvederà a dare il ricevuto al velivolo in pericolo,come da **esempio** precedente, e intraprenderà tutte le azioni necessarie per assicurare l'assistenza.

Imposizione del silenzio radio

L'aeromobile in pericolo o la stazione che controlla il traffico di soccorso, sono autorizzate ad imporre il silenzio radio a tutte le stazioni che interferiscono con il traffico di soccorso stesso, usando l'espressione **Cessate le trasmissioni** seguita dal segnale di soccorso "MAYDAY".

Esempio di imposizione di silenzio radio:

A TUTTE LE STAZIONI QUI MILANO INFORMAZIONI CESSATE LE TRASMISSIONI MAYDAY

Fine dello stato di soccorso

Quando il velivolo non è più in pericolo deve trasmettere sulla frequenza su cui aveva lanciato il messaggio di soccorso una comunicazione della cessazione dello stato di pericolo secondo la seguente procedura:

MAYDAY ROMAGNA AVVICINAMENTO QUI I-DODI FINE DELLO STATO DI PERICOLO MOTORE HA RIPRESO FUNZIONARE RIENTRO A PESCARA PASSO

MESSAGGIO DI URGENZA

Il segnale di urgenza è costituito dalla parola PAN, ripetuta possibilmente tre volte. Tale segnale indica che il velivolo che lo lancia ha un messaggio urgente da trasmettere relativo alla sicurezza di un aeromobile o altro veicolo, oppure di qualche persona a bordo o in vista, ma che non richiede una assistenza immediata.

Detto segnale, che normalmente deve essere indirizzato ad una determinata stazione, ha la precedenza su tutte le altre comunicazioni, eccetto naturalmente quelle di soccorso.

1. Esempio:

PAN (ripetuto preferibilmente tre volte) MILANO INFORMAZIONI QUI I-RORO CAUSA FORTE TURBOLENZA RIENTRA A LINATE POSIZIONE ATTUALE AL TRAVERSO DI TREZZO 1000 PIEDI DAL SUOLO PASSO.

2. Esempio:

PAN (ripetuto preferibilmente tre volte) VICENZA TORRE QUI I-RORO PASSEGGERO COLTO DA GRAVE MALORE CHIEDE PRECEDENZA SU PROCEDURA DI ATTERRAGGIO E PRONTO INTERVENTO DEL MEDICO ED AMBULANZA PRESENTE POSIZIONE 20 MIGLIA OVEST VOSTRA BASE LIVELLO 35 STIMA VICENZA AI 45'. PASSO.

3. Esempio:

PAN (ripetuto preferibilmente tre volte) MILANO INFORMAZIONI QUI I-RORO SEGNALA BOSCO IN FIAMME PENDICI DEL MOTTARONE POSIZIONE VERTICALE SESTO CALENDE 2000 PIEDI DAL SUOLO PASSO.

MESSAGGI RADIOGONIOMETRICI

In merito ai rilevamenti radiogoniometrici, vedi quanto già specificato nel capitolo di radionavigazione, a pagina 218.

Esempio di richiesta di un rilevamento:

Velivolo MALPENSA GONIO QUI I-RORO TRASMETTE PER QDR PASSO

Gonio I-RORO QUI MALPENSA GONIO QDR 235° CLASSE ALFA PASSO

Velivolo MALPENSA GONIO DA I-RORO RICEVUTO QDR 235° CLASSE ALFA CHIUDO.

Per la determinazione della posizione di un velivolo in relazione ad un punto di riferimento, mediante l'utilizzazione di rilevamenti radiogoniometrici simultanei, vedi capitolo radionavigazione a pag. 232.

Esempio di richiesta di posizione (QTF)

Velivolo ARGENTARIO GONIO QUI I-FUSO PER QTF PASSO

Gonio I-FUSO QUI ARGENTARIO GONIO 18 MIGLIA EST ORBETELLO CLASSE ALFA PASSO

Velivolo ARGENTARIO GONIO DA I-FUSO RICEVUTO 18 MIGLIA EST ORBETELLO CHIUDO

Quando un velivolo ha bisogno di una serie di rilevamenti richiederà tale servizio per mezzo del segnale QDL seguito da appropriate voci del codice Q; una volta avviata la serie dei rilevamenti potrà essere omesso il nominativo di chiamata della stazione DF qualora non sussista la possibilità di creare confusione.

Esempio di richiesta di una serie di rilevamenti (QDL):

Velivolo	CIMONE GONIO QUI I-ALJL CHIEDE QDL PER QDM PASSO
Gonio	I-ALJL QUI CIMONE GONIO QDM 310° PASSO
Velivolo	I-JL RICEVUTO QDM 310°
Gonio	I-JL QDM 312°
Velivolo	I-JL RICEVUTO QDM 312°

MESSAGGI RELATIVI ALLA SICUREZZA DEL VOLO

I messaggi relativi alla sicurezza del volo sono i seguenti:

- messaggi del controllo della circolazione aerea;
- segnalazione di posizione da parte degli aeromobili;
- messaggi provenienti da una società aerea o da un aeromobile ed aventi un interesse immediato per un aeromobile in volo.

Segnalazione di posizione

Le segnalazioni di posizione da parte dei velivoli devono includere nell'ordine i seguenti elementi in conformità della prima sezione del modello AIREP (*):

1) Nominativo velivolo; 2) Posizione; 3) Ora; 4) Livello di volo o altitudine; 5) Condizioni di volo; 6) Ora stimata della posizione successiva.

(*) Il modello AIREP (rapporto aereo) è composto da tre sezioni, di cui la compilazione della prima è obbligatoria, la seconda comprendente "l'autonomia" e lo "stimato d'arrivo" va aggiunta, in tutto o in parte, solo se richiesta dall'ente di controllo; la terza sezione comprende tutti i fenomeni meteorologici osservati (temperatura, nuvolosità, formazioni di ghiaccio, turbolenza, ecc.), viene aggiunta in conformità alle prescrizioni ICAO per il servizio meteorologico.

Esempio di messaggio di posizione:

Velivolo	MILANO INFORMAZIONI QUI I-VOLO VERTICALE SARONNO AI 15' 1000 PIEDI DAL SUOLO IN VMC STIMA TREZZO AI 45' PASSO

MESSAGGI METEOROLOGICI

I messaggi meteorologici sono costituiti da tutte le informazioni sulle condizioni del tempo, provenienti o destinate ad aeromobili.

MESSAGGI SULLA REGOLARITA' DEL VOLO

Tali messaggi comprendono:

- messaggi riguardanti la modifica degli orari di volo degli aeromobili;
- messaggi relativi alla manutenzione e rifornimento degli aeromobili;
- istruzioni per le compagnie esercenti riguardanti i cambiamenti delle predisposizioni per passeggeri ed equipaggi causate da inevitabili variazioni d'orario (le necessità personali dei passeggeri o dei membri dell'equipaggio non sono contemplate in questa categoria);
- messaggi relativi ad atterraggi non previsti;
- messaggi relativi all'esercizio e manutenzione.

SELCAL (Sistema selettivo di chiamata)

Il sistema di chiamata selettiva *Selcal*, a cui si fa cenno, sostituisce la normale chiamata di identificazione dell'aeromobile da parte della stazione a terra. Tale sistema, infatti, può essere utilizzato solo nel senso terra/bordo sui canali radiotelefonici VHF ed HF.

La chiamata selettiva in questione consiste nella combinazione di quattro toni modulati in codice e prestabiliti. Detti toni audio vengono generati e codificati da un opportuno apparato associato al trasmettitore della stazione radio a terra, e ricevuti da un decodificatore collegato al ricevitore di bordo. In pratica la ricezione di una chiamata Selcal viene

segnalata a bordo da uno speciale dispositivo acustico-visico situato nella cabina di pilotaggio.

L'indicativo Selcal costituito da quattro lettere dell'alfabeto deve essere associato al nominativo di chiamata radiotelefonica del velivolo, od al numero di immatricolazione del velivolo stesso.

L'utilità del sistema Selcal consiste nello sgravare il pilota dal pesante lavoro del continuo ascolto, in attesa di eventuali chiamate a lui dirette.

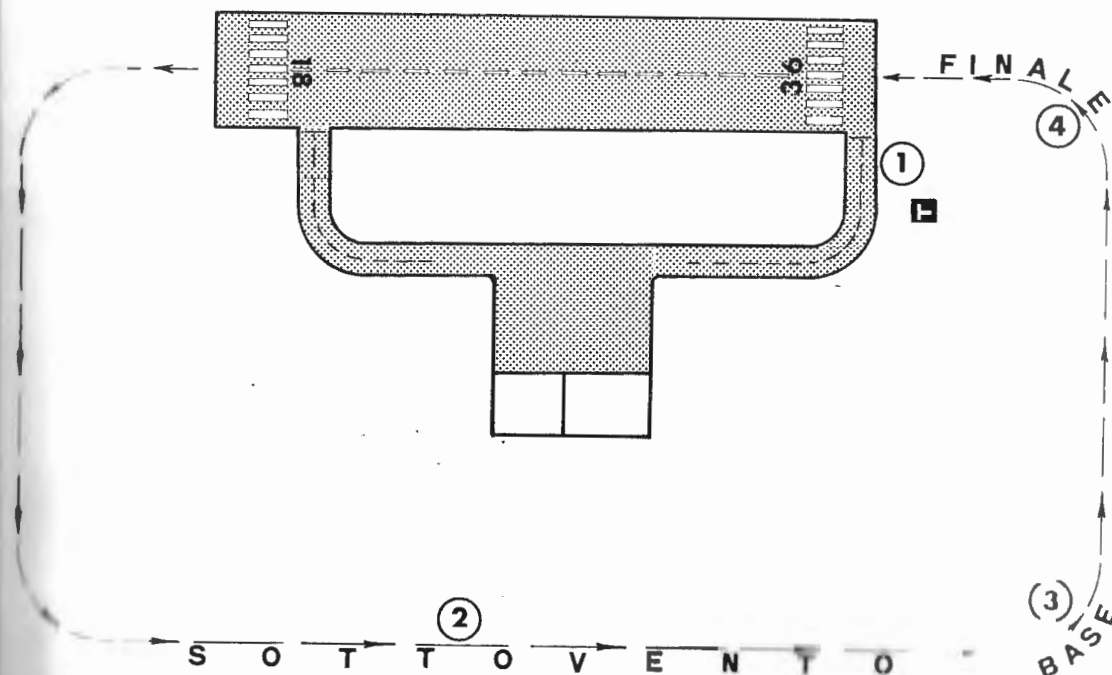
ALFABETO MORSE

E' necessario che il pilota conosca l'alfabeto morse, poichè tale conoscenza serve all'identificazione dei vari aiuti alla radionavigazione (radiofari, VOR, ILS).

A	. —	J	. — — —	S	. . .
B	— . . .	K	— . —	T	—
C	— . — .	L	. — . .	U	. . —
D	— . .	M	— —	V	. . . —
E	.	N	— .	W	. — —
F	. . — .	O	— — —	X	— . . —
G	— — .	P	. — — .	Y	— . — —
H	. . . .	Q	— — . —	Z	— — . .
I	. .	R	. — .		

PROCEDURA RADIOTELEFONICA DA USARE ENTRO I LIMITI DI UN CIRCUITO AEROPORTUALE

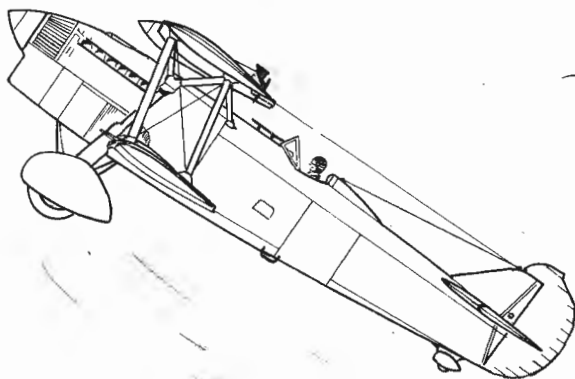
Velivolo	LINATE TORRE QUI I-VOLO SU 123.5 PASSO
Torre	I-VOLO QUI LINATE TORRE AVANTI (o PASSO)
Velivolo	I-LO CHIEDE AUTORIZZAZIONE RULLAGGIO
Torre	I-LO AUTORIZZATO A RULLARE SINO POSIZIONE ATTESA PISTA IN USO 36 VENTO DA 180°/15 NODI QNH 29.92

Velivolo	I-LO RICEVUTO PISTA IN USO 36 VENTO DA 180°/15 NODI
Velivolo	I-LO POSIZIONE ATTESA CHIEDE ALLINEAMENTO E DECOLLO
Torre	I-LO AUTORIZZATO AD ENTRARE IN PISTA E DECOLLARE
Velivolo	I-LO RICEVUTO
Velivolo	I-LO SOTTOVENTO
Torre	I-LO AUTORIZZATO AL FINALE SIETE IL NUMERO UNO RICHIAMATE IN FINALE
Velivolo	I-LO RICEVUTO

Velivolo I-NA FINALE

Torre I-NA AUTORIZZATO ALL'ATTERRAGGIO

Velivolo I-NA RICEVUTO

Torre I-NA ATTERRATO AI 25 LIBERATE LA PISTA PRIMO RACCORDO CONVENIENTE SULLA VOSTRA SINISTRA

Velivolo I-NA PISTA LIBERA RULLO AL PARCHEGGIO DELL'AERO CLUB CHIUDO CON VOI.

INDICE GENERALE

NOZIONI DI AERODINAMICA

Lunedì pomeriggio

STRUMENTI

MOTORI

Martedì mattina

METEOROLOGIA

Lunedì mattina

DIRITTO AERONAUTICO

Lunedì pomeriggio

Pag.308

Messaggi relativi alla sicurezza del volo - Messaggi meteorologici - Messaggi sulla regolarità del volo - Sistema selettivo di chiamata (SELCAL) - Alfabeto Morse - Procedure da usare entro un circuito aeroportuale - Procedure da usare in un volo di trasferimento.